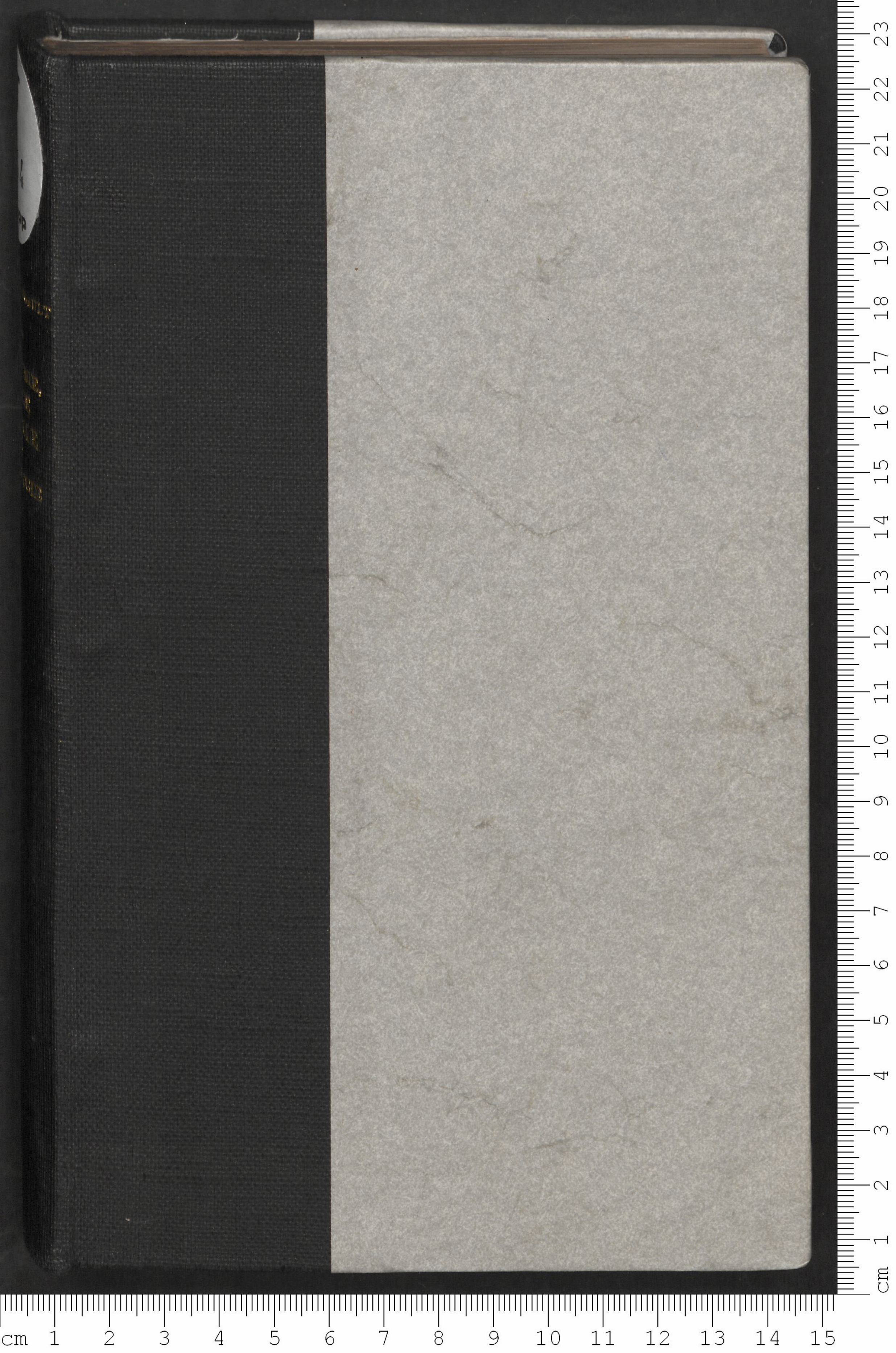


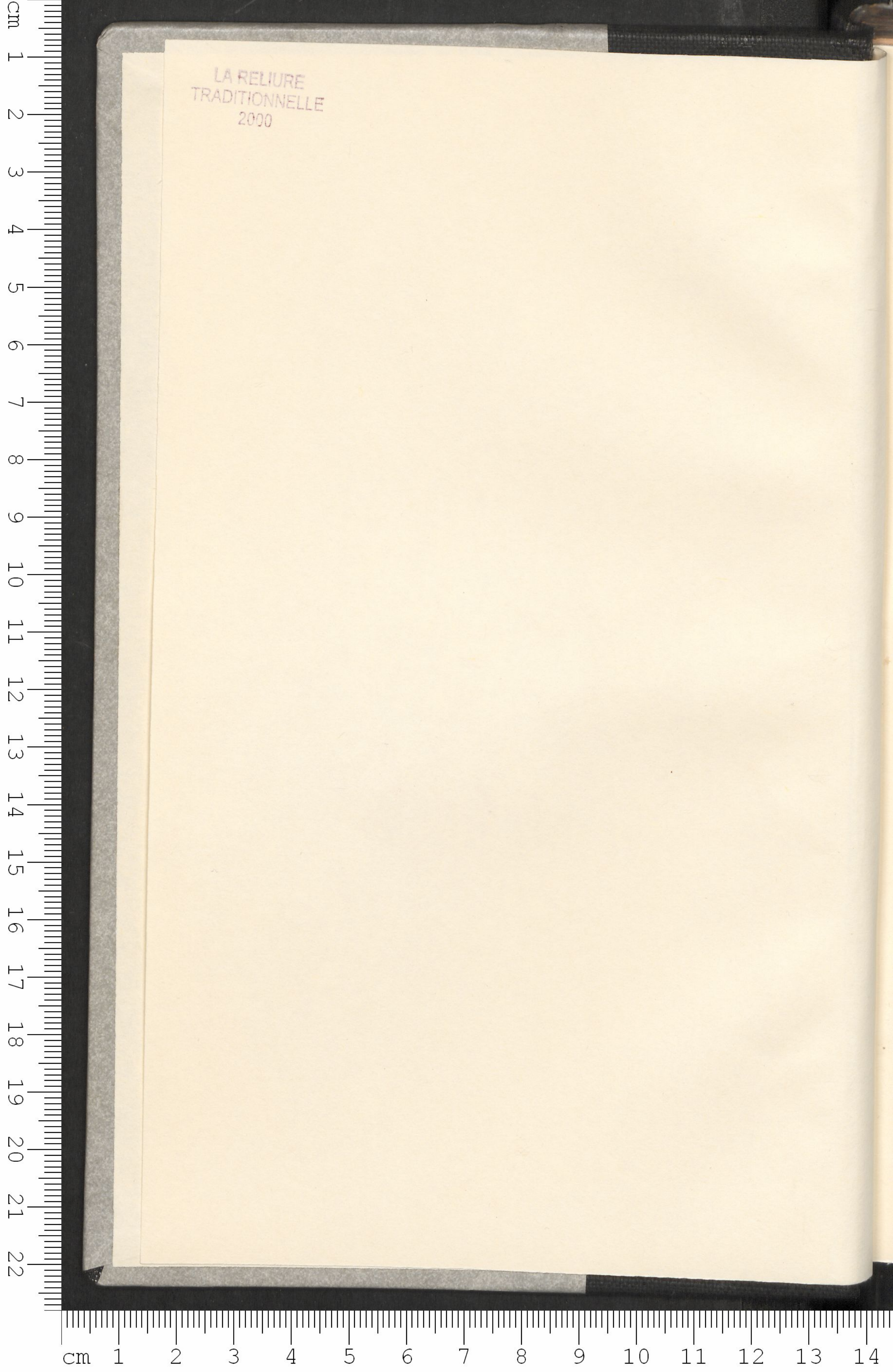
M. BOUSSINGAULT

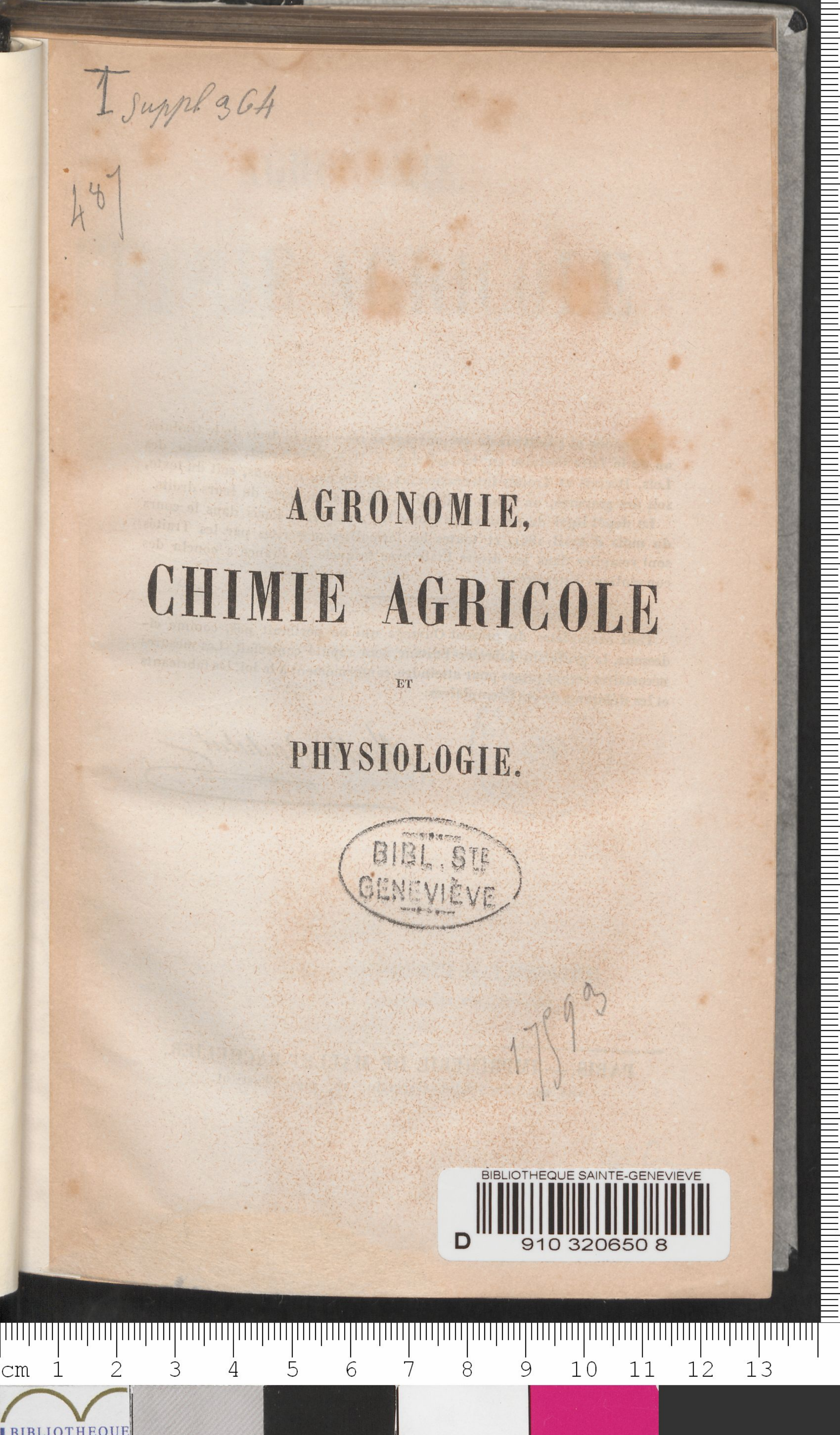
AGRONOMIE, CHIMIE AGRICOLE ET PHYSIOLOGIE

2

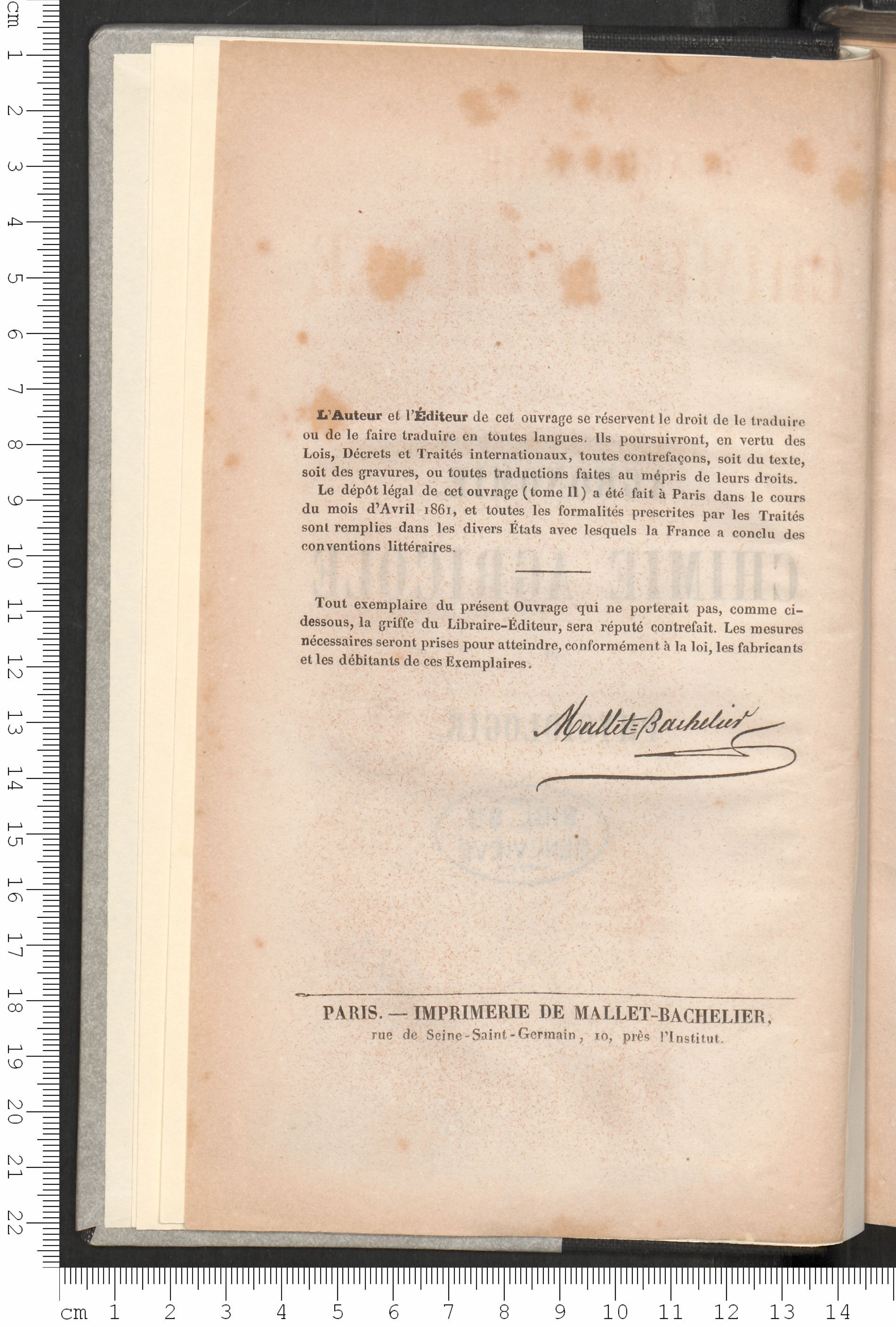





LA RELIURE
TRADITIONNELLE
2000



AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.



PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,
rue de Seine-Saint-Germain, 10, près l'Institut.

AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

TOME SECOND.



PARIS,
MALLET-BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE,
Quai des Augustins, 55.

1861

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

DU TERREAU
ET
DE LA TERRE VÉGÉTALE.

Dans la plupart des exploitations rurales, on réserve un emplacement où sont accumulés les balayures de la cour, du grenier, la boue ramassée sur les chemins, les mauvaises herbes arrachées autour des habitations, les feuilles mortes, la terre relevée des fossés, les gazons provenant du décapage des prés, les gravois fournis par les démolitions, les cendres de tourbes, de houille, les cendres de bois lessivées, les tiges ligneuses de colza, des topinambours, le marc distillé de pommes et de raisins; en un mot, cet emplacement est un lieu de décharge, une voirie où afflue tout ce qui ne va pas au fumier. On entretient une humidité constante dans cet amas de décombres en arrosant avec des eaux ménagères, avec du purin, ou, à leur défaut, avec de l'eau.

Au bout d'un an ou deux, le terreau est à point. Son aspect, on le conçoit, est aussi variable que la

nature des matières qui ont concouru à sa production. Généralement il est d'un brun foncé, assez meuble pour être immédiatement épandu sur la prairie où il ne tarde pas à produire d'excellents effets, parce qu'il *terre*, parce qu'il *chausse* en même temps qu'il agit comme un engrais énergique. C'est sans aucun doute l'amendement pulvérulent le plus économique pour *fumer en couverture*, lorsqu'il ne doit pas être transporté à de grandes distances.

Que l'on destine à la préparation du terreau, les gravois, les balayures, la boue, la terre des fossés, les vieux gazons, les cendres, etc., je l'ai toujours compris : ce sont des matières terreuses utiles à la végétation, dans lesquelles il n'y a que fort peu de substances organiques. Mais qu'on y réunisse les mauvaises herbes, les pailles, les marcs de fruits, et, comme on le pratique assez fréquemment, des issues de boucheries, des animaux morts, du sang, des urines, voilà ce que j'ai considéré pendant longtemps comme éminemment désavantageux, en vertu de ce principe, trop absolu peut-être, que tout ce qui est susceptible d'entrer en putréfaction doit être jeté dans la fosse au fumier. Quant au purin, il me semblait qu'il était préférable, lorsqu'on le destinait à l'amélioration de la prairie, de le répandre directement comme engrais liquide, plutôt que d'en arroser une masse énorme de décombres, où il devait perdre, avec le temps, la plus grande partie de ses principes fertilisants solubles et volatils.

Pendant vingt-cinq ans j'ai critiqué, sous ce rapport, ce que l'on exécutait dans la ferme; mais pendant vingt-cinq ans j'ai laissé faire. D'abord parce que

les résultats obtenus étaient des plus satisfaisants, et puis parce que je pensais que, sur un point essentiellement pratique, sur une opération dont l'efficacité était consacrée par une expérience séculaire, l'opinion de tous les paysans valait mieux que l'opinion d'un seul académicien.

Dès que mes études sur la terre végétale, en me laissant entrevoir l'importance du phénomène de la nitrification dans la culture, m'eurent révélé l'analogie qu'il y a entre une nitrière et un sol arable fumé et fortement chaulé ou marné, je commençai à croire qu'il n'y avait pas lieu de regretter les débris de végétaux, le purin que l'on faisait intervenir dans la confection du terreau, et il devint bientôt évident pour moi que les centaines de mètres cubes de matières terreuses mélangées à des substances organiques que j'avais devant les yeux constituaient une véritable nitrière; qu'ils n'en différaient en rien, si ce n'est par quelques imperfections de détails dans l'aménagement. Pour faire partager ma conviction à cet égard, il suffit, je crois, de rappeler quelques-uns des préceptes contenus dans l'*Instruction sur la fabrication du nitre* publiée en 1777 par les régisseurs généraux des poudres et salpêtres :

« Toute terre est propre à la fabrication du salpêtre, pourvu qu'elle ne soit pas trop compacte ni trop sableuse.... Les terres qui proviennent des écuries, des caves, des démolitions, méritent la préférence; le limon des étangs, la boue des rues.

» On rassemblera sous un hangar, où l'on veut former une nitrière, douze à quinze mille pieds cubes de terre; on y ajoutera des fumiers pourris, des plan-

tes, des feuilles d'arbres, du marc de raisin, des balayures de maisons.

» La masse sera disposée en talus, en y répandant irrégulièrement de la paille, des branchages. On entretiendra une humectation constante en arrosant avec de l'urine, avec des eaux de vaisselle, avec de la lessive, avec des eaux de fumier. »

On reconnaît qu'entre les matériaux d'une nitrière artificielle et ceux du terreau l'identité est complète. Dans la nitrière, l'accès de l'air est habilement ménagé par un système de claies, par une répartition uniforme de fascines disposées en strates parallèles. Dans le tas de terreau, les pailles, les feuilles favorisent bien l'aérage de l'intérieur de la masse, mais jetées au hasard elles ne produisent pas toujours l'effet que l'on pourrait en attendre.

Dans une nitrière, toutes les mesures sont prises pour entretenir une humectation convenable, c'est là une des conditions les plus importantes en même temps que des plus difficiles à remplir; trop d'humidité nuit tout autant qu'une trop grande sécheresse. Dans le terreau, les arrosements n'ont aucune régularité; il arrive que les liquides ne pénètrent pas assez profondément; on n'établit pas de ces canaux à l'aide desquels l'air ou l'eau, à la volonté du salpêtrier, afflue dans l'intérieur de la masse.

La nitrière est abritée sous un hangar spacieux entouré de claies pour amortir la violence du vent, atténuer l'intensité du froid. Le terreau, au contraire, reste exposé à toutes les intempéries : au soleil qui en dessèche la surface, aux pluies qui entraînent les sels solubles. Le tas de terreau, dans une ferme, est bien

certainement une nitrière artificielle, mais une nitrière mal établie, mal entretenue, par la raison très-simple que l'on ignorait que l'un des éléments dont il importait de favoriser la production était le salpêtre.

Il est des localités où les immondices sont soumises à la nitrification avant d'être employées comme engrais. Dans le département du Nord, les cultivateurs des environs de Bergues transportent dans des bateaux, à plusieurs lieues de distance, les balayures et les boues qu'ils achètent à la ville de Dunkerque, pour les mélanger par lits successifs avec de la marne, de la craie, de la terre. Les matières ainsi stratifiées restent en place pendant deux ans avant d'être conduites sur les champs (1).

C'est en formant des tas avec les feuilles mortes, les plantes annuelles arrachées au sol après leur maturité, les herbes du sarclage dont les racines sont encore garnies de terre, que l'on obtient le terreau dans les jardins.

Il serait difficile de ne pas voir des nitrières dans ces mélanges, dans ces dispositions. Aussi le terreau contient-il du salpêtre; du moins j'en ai trouvé dans ceux que j'ai examinés. Voici le résultat de plusieurs dosages :

	Nitrates exprimés en nitrate de potasse, dans 1 kilogramme de terreau séché à l'air.
	gr
Terreau de la ferme de Bechelbronn.........	1,51
Terreau de feuilles de Bechelbronn.........	5,51
Terreau de la ferme de Neunreiterhoff, près Haguenau...........................	0,83
Terreau de couches d'un jardin de Verrières..	0,94
Terreau des maraîchers de Paris............	1,07

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre*, p. 215.

Ces proportions de nitre paraîtront sans doute assez faibles ; cependant elles ne s'éloignent pas autant qu'on pourrait le croire de celles que l'on assigne aux matériaux exploités par les salpêtriers.

Suivant Bauer, dans la description qu'il a laissée des nitrières de la Suède, le salpêtre retiré de 1 kilogramme de matière est de :

1gr,65 à 2gr,20 pour les terres de qualité ordinaire.
6,00 à 7,00 pour les terres les plus riches.

A Malte, d'après Demasis, les terres calcaires nitrifiées, après avoir été mêlées à $\frac{1}{5}$ de cendres de bois, produiraient, par kilogramme, 3gr, 52 de salpêtre.

Dans le rapport des régisseurs généraux des poudres, on trouve que, en France, dans quelques provinces, le kilogramme de matériaux naturellement salpêtrés ne donnait souvent que 1gr, 20 de nitre, que dans les nitrières artificielles les plus productives, comme celles de la Touraine, on retirait du kilogramme de terre (1) :

(1) Les nitrières naturelles fournissent des matériaux beaucoup plus riches. D'après John Dawy, dans l'Ouva et le Bengale, la terre extraite

De la caverne de *Memoora*, contiendrait par kilog.	31gr	de salpêtre.
De la caverne d'Ouva........................	68	
Le terrain nitrier du district de Tirhoot (Bengale).	120	

Il est à remarquer que ces terres nitrifiées proviennent des parois des cavernes que les Indiens grattent en quelque sorte avec des petites hachettes. On n'exploite ainsi que la superficie de la roche où le salpêtre est accumulé, effleuri. La richesse constatée ne saurait donc être appliquée à la masse du terrain.

Communément	8gr,5 de nitre (1).
Dans les nitrières parfaitement établies	10,0
Exceptionnellement	30,0
Terre d'une bergerie, 3 ans de séjour	8,4
Terre d'une bergerie, 4 ans de séjour	20,5
Terre d'une étable à bœufs	8,2
Terre d'une grange	7,8
Terre d'un cimetière	21,7

Dans la préparation du terreau, on ne se préoccupe aucunement de la nitrification, et les mesures que l'on adopte lui sont souvent des plus défavorables. Ainsi, quand les circonstances locales le permettent, on surcharge le tas d'urine, de vidanges, de sang, et cela très-peu avant l'époque où le terreau sera conduit sur les prés. C'est là une manœuvre fâcheuse au point de vue du succès de la nitrification. La pratique a enseigné que dans la quantité de matières animales à faire intervenir, il y a une limite que l'on ne dépasserait pas impunément, et les expériences très-concluantes communiquées à l'Académie par M. Pelouze prouvent que si ces matières prédominent, non-seulement elles ne favorisent plus la nitrification, mais encore qu'elles détruisent le nitre déjà formé. Aussi les salpêtriers en suspendent-ils l'usage plusieurs mois avant l'époque fixée pour le lessivage. Durant cette dernière période, l'humectation des terres n'a plus lieu qu'avec de l'eau.

---

(1) Pour transformer les poids et les volumes indiqués dans les anciens Mémoires en poids et mesures du système actuel, j'ai pris 38 kilogrammes pour le poids du pied cube de terre, et 500 grammes pour l'équivalent de la livre.

Peu de temps après que j'eus présenté à l'Académie mes recherches sur les quantités de nitrates contenues dans le sol et dans les eaux, un agronome anglais du plus grand mérite conseillait aux cultivateurs d'établir des nitrières artificielles. Je n'irai pas jusque-là, quoique ma conviction sur l'utilité du salpêtre dans la fertilisation des terres soit bien profonde; je me bornerai à proposer que dans la confection des terreaux, soit à la ferme, soit dans le potager, soit dans le jardin, on suive, autant que le permettent les circonstances et les raisons d'économie, les prescriptions recommandées pour l'établissement et la conduite d'une nitrière. Dans ce but, j'ai placé à la suite de ce Mémoire un extrait de l'Instruction si remarquable que l'on doit aux anciens régisseurs généraux des poudres et salpêtres.

Examinons maintenant quelle est l'utilité de la nitrification accomplie dans le terreau.

Les matières efficaces que renferme un engrais pulvérulent épandu sur une prairie haute (1) ne pénétreront dans le sol qu'après avoir été dissoutes par la pluie ou par la rosée; si ces véhicules viennent à faire défaut, elles resteront exposées au vent et à la chaleur. Admettons que les éléments azotés fertilisants soient du carbonate d'ammoniaque, ou même des sels ammoniacaux fixes, susceptibles d'être transformés en carbonate volatil au contact du calcaire que la terre contient le plus ordinairement, le déficit occasionné par la volatilisation de l'ammoniaque deviendra considérable. Supposons à présent, la sécheresse, la cha-

---

(1) Prairie non irrigable.

leur, l'intensité du vent restant les mêmes, que l'élément fertilisant azoté soit de l'acide nitrique formant des nitrates. Ces sels, fixes par leur nature, demeureront à la surface de la prairie sans éprouver la moindre perte, jusqu'à ce que l'eau les fasse pénétrer dans le sol après les avoir dissous.

La nitrification me paraît donc avoir pour effet de donner aux principes fertilisants azotés du terreau une stabilité qu'ils n'auraient pas s'ils prenaient ou s'ils conservaient la constitution de l'ammoniaque.

Si l'on considère que les nitrates n'entrent que pour $\frac{1}{200}$ au plus dans le terreau, on est porté à se demander s'il ne serait pas plus économique d'appliquer directement sur les prairies du salpêtre du Pérou, plutôt que de faire naître l'acide nitrique dans une masse énorme de matériaux dont le transport exige de la part des attelages une grande dépense de forces. Le nitrate de soude d'Amérique revenant à 50 francs les 100 kilogrammes, en en ajoutant 500 grammes, ayant une valeur de $0^{fr},25$, à 100 kilogrammes d'une terre quelconque, on obtiendrait sous le rapport de l'acide nitrique, mais sous le rapport de cet acide seulement, l'équivalent d'un quintal du plus riche terreau. Que l'on puisse tirer, même en Europe, un parti avantageux comme amendement du salpêtre du Pérou, mêlé à la vase des rivières, aux récurages des fossés employés généralement au *terrage* des prés, cela est incontestable : les expériences de M. Kuhlmann, celles de M. Pusey, ne laissent aucun doute à cet égard. Cependant une simple addition de salpêtre à de la terre ne saurait constituer un véritable terreau dont l'efficacité dépend aussi des phosphates et des autres

sels alcalins ou calcaires apportés par les matériaux qui entrent dans sa composition.

La nitrification, là où elle se manifeste, suit d'abord une marche progressive, dont j'aurais bien désiré constater la rapidité dans le terreau ; j'en ai été empêché par la difficulté de prélever des échantillons représentant, même approximativement, la constitution moyenne d'une masse aussi considérable composée d'éléments si différents et si inégalement répartis. J'ai dû me borner à faire cette recherche sur une terre bien fumée, celle du potager du Liebfrauenberg, suffisamment homogène lorsqu'on en a séparé les pailles et les cailloux.

Dix kilogrammes de terre suffisamment humectés ont été disposés en prisme sur une plaque de grès abritée par une toiture en verre. Quand cela était jugé nécessaire, on arrosait avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque.

Le jour où commençait l'expérience, la terre avait été intimement mêlée, et l'on en avait pris 500 grammes dans lesquels on avait dosé l'acide nitrique. On a exécuté plusieurs dosages semblables entre le 5 août et le 2 octobre.

Voici les résultats de ces dosages : le litre de terre sèche et tassée pesait $1^{kil},300$.

	Nitrates, exprimés en nitrate de potasse, dosés dans la terre sèche. Dans 500 grammes.	Par mètre cube.
5 août 1857	0,0048	12,5
17 août	0,0314	81,6
2 septembre	0,0898	233,5
17 septembre	0,1078	280,3
2 octobre	0,1033	268,6

Du 5 août au 17 septembre, en quarante-trois jours,

la production du nitre a fait des progrès rapides. La quantité de salpêtre, de 12gr,5 par mètre cube qu'elle était lors de l'établissement de la petite nitrière, est montée à 280gr,3. Du 17 septembre au 2 octobre la nitrification est restée stationnaire.

A la première vue, l'équivalent de 280 grammes de nitrate de potasse réparti dans 1 mètre cube de terre paraîtra une dose bien faible d'engrais azoté; mais, en réalité, la terre n'est que l'excipient des principes fertilisants; c'est dans l'eau dont elle est pénétrée que, le plus généralement du moins, résident les agents destinés à intervenir dans la culture. Or 100 parties du sol du Liebfrauenberg prennent, pour être complétement imbibées, et sans changer de volume, 42 parties d'eau, soit 546 kilogrammes par mètre cube. Chaque litre d'eau d'imbibition tiendra donc l'équivalent de 0gr,512 de nitrate de potasse. La terre arable est encore très-convenablement humectée quand elle ne retient plus que la moitié de l'eau qu'elle est capable d'absorber; étant alors plus accessible à l'air, elle devient plus favorable à la végétation. Dans cet état chaque litre d'eau contiendrait 1gr,024 de nitrate représentant 0gr,172 d'ammoniaque: 0gr,141 d'azote assimilable, le germe d'environ 1 gramme de la matière protéique, de la viande végétale sèche que la plante est capable d'organiser.

Le terreau, je l'ai déjà dit, ne doit pas seulement ses facultés fertilisantes au salpêtre. J'ai cru que, pour en compléter l'étude, il convenait d'y rechercher l'azote et le carbone, l'acide phosphorique et l'ammoniaque, ainsi que je l'ai fait pour la terre végétale, car

ce sont là des éléments actuels ou prochains de fécondité.

Le terreau des maraîchers de Paris, que j'ai plus particulièrement examiné, résulte de la décomposition lente du fumier opérée dans les *couches* établies, pour déterminer cette végétation aussi hâtive que vigoureuse, véritable type de la culture la plus intense qu'il soit donné à l'homme de pratiquer.

Pour monter une couche, on étend sur le sol une bande de fumier de cheval sur $1^m,40$ de largeur et $0^m,30$ d'épaisseur; on arrose et l'on tasse fortement. C'est sur cette base qu'est déposée, sur une hauteur de $0^m,15$ à $0^m,18$, la couche du terreau plus ou moins consommé venant d'une préparation antérieure, dans laquelle les plantes se développeront (1).

Quand on démonte une couche, le fumier que l'on avait placé à la base est converti en terreau, non pas complétement; c'est un terreau neuf, très-poreux, qu'on laisse vieillir en le mettant en tas. Là il s'affaisse, devient plus dense, plus homogène, plus terreux; c'est dans cet état qu'on en forme la strate supérieure, le sol cultivable d'une nouvelle couche.

Le terreau obtenu dans une année n'étant pas employé en totalité dans la confection des couches de l'année suivante, il en reste toujours un excédant que les maraîchers vendent pour *terreauter* les gazons dans les jardins d'agrément.

J'ai examiné deux échantillons de terreau, l'un ayant quatre à cinq mois d'exposition en tas, prove-

(1) Les jardiniers ajoutent quelquefois de la terre végétale au vieux terreau dont ils recouvrent le lit de fumier.

nant d'un maraîcher ; l'autre, terreau neuf, sortait d'une couche d'un jardin appartenant à M. Vilmorin. Dans le premier on avait dosé, par kilogramme de matière sèche, l'équivalent de $1^{gr},071$ de nitrate de potasse ; dans le second, l'équivalent de $0^{gr},940$ du même sel.

A la loupe, on aperçoit dans ces terreaux des fragments de quartz très-limpides et incolores, de petits nodules calcaires, des détritus de végétaux plus ou moins altérés ayant la teinte brune de la tourbe. Le terreau a d'ailleurs beaucoup d'analogie avec la terre végétale, comme il est facile de s'en assurer en comparant sa composition à celle de différentes terres :

1°. La terre d'un potager de Bischwiller, près Haguenau, sol sablonneux fortement fumé ;

2°. La terre légère du potager du Liebfrauenberg ;

3°. Une terre très-argileuse, très-forte de Bechelbronn, prise en automne, dans une sole où l'on avait récolté du froment ;

4°. Terre de l'herbage d'Argentelle, arrondissement d'Argentan (Orne). L'échantillon a été pris en septembre 1859. Cette terre est rougeâtre. Dans 1 kilogramme, on a dosé 39 grammes de sesquioxyde de fer.

Dans un kilogramme de matière séchée à l'air.

	TERREAU des maraîchers.	TERREAU NEUF de Verrières.	TERRE LÉGÈRE de Bischwiller.	TERRE LÉGÈRE du Liebfrauenberg.	TERRE FORTE du Bechelbronn.	TERRE d'un herbage d'Argentan (Orne).
	gr	gr	gr	gr	gr.	gr
Azote entrant dans la constitution de matières organiques (1)	10,503	5,281	2,951	2,594	1,397	5,130
Ammoniaque toute formée	0,118	0,084	0,020	0,020	0,009	0,060
Nitrates équivalents à nitrate de potasse	1,071	0,940	1,526	0,175	0,015	0,046
Acide phosphorique	12,800	3,424	5,536	3,120	1,425	0,943
Chaux	63,006	11,280	32,030	5,516	20,914	68,470
Carbone appartenant à des matières organiques (2)	99,400	66,422	28,770	24,300	11,590	40,900

(1) Azote dosé par la chaux sodée, dont on a déduit l'azote de l'ammoniaque toute formée.

(2) Carbone dosé en pesant l'acide carbonique formé par la combustion, l'acide carbonique appartenant aux carbonates ayant été retranché.

On reconnaît en effet que le terreau et la terre végétale, pris dans des situations fort diverses, présentent néanmoins dans leur constitution les mêmes principes actifs, et que la différence ne porte réellement que sur leurs proportions. Ainsi, il semble qu'une terre fertile peut être représentée par du terreau disséminé dans une quantité plus ou moins forte d'un *fonds minéral,* argileux, calcaire ou siliceux. Si, par exemple, on ajoutait 4 kilogrammes de sable provenant du grès des Vosges à 1 kilogramme du terreau des maraîchers de Paris, on obtiendrait un mélange se rapprochant, par son aspect, par sa composition, de la terre végétale du Liebfrauenberg, et qui en différerait certainement moins que cette dernière ne diffère de la terre de Bischwiller, dont cependant le fond sablonneux a la même nature et la même origine.

Dans 1 kilogramme il y aurait :

	gr
Azote entrant dans la constitution de matières organiques	2,101
Ammoniaque toute formée	0,024
Nitrates exprimés en nitrate de potasse	0,212
Acide phosphorique	2,560
Chaux	12,600
Carbone appartenant à des matières organiques	19,880

Une circonstance heureuse m'a fourni l'occasion d'étendre ces recherches à des terres végétales qu'un voyageur plein de zèle, M. Le Gendre-Décluy, avait rapportées des rives de l'Amazone et de ses principaux affluents.

Les six échantillons mis à ma disposition représentaient le terrain ou le limon des bords du rio Madeira, du rio Topajo, du rio Trombetto, du rio Cupari et du rio Negro, dont les eaux, en s'unissant à celles

du Casiquiare, établissent la jonction des deux plus grands fleuves du nouveau monde, l'Orénoque et les Amazones : communication tellement surprenante, que les géographes en ont mis en doute la réalité, jusqu'à la mémorable exploration d'Alexandre de Humboldt.

Terre des bords du rio Madeira. — Argileuse, assez plastique, d'un gris bleuâtre, renfermant des débris de radicelles; ne fait pas effervescence avec les acides. Forêts. Cultures de tabac et de cannes à sucre.

Terre prise à l'embouchure du rio Trombetto dans l'Amazone. — Très-argileuse, d'un bleu clair; ne fait pas effervescence. Forêts. Cultures tropicales.

Terre prise à l'embouchure du rio Negro dans l'Amazone. — Formée par un sable jaune très-divisé; atterrissement ayant son origine dans les montagnes granitiques de la Guyane; ne fait pas effervescence. Steppe recouverte d'une végétation herbacée.

Terre prise sur les bords du lac Saracca, près de l'Amazone. — Mélange d'argile et de sable, d'un brun assez foncé, traversé par des débris de racines; ne fait pas effervescence.

Le dépôt forme sur la rive une falaise de 80 à 100 mètres d'épaisseur.

L'échantillon a été prélevé dans une culture de plantes tropicales.

Terre du plateau de Santarem, élevé de 200 *à* 300 *mètres au-dessus de l'Amazone.* — Mélange de sable et d'argile, presque noir; débris abondants de matières végétales ayant quelquefois l'apparence de bois fossile; ne fait pas effervescence. Sol très-fertile. Riches cultures de cacaotiers.

La terre prise sur les bords du rio Cupari, au point de jonction avec le rio Tapajo, est des plus remarquables par sa constitution, par sa fertilité extraordinaire; elle forme un banc de 1 à 2 mètres d'épaisseur, résultant de la superposition de strates alternatives de sable et de feuilles souvent bien conservées, d'un brun foncé; sèche, elle se désagrége entièrement, et alors il devient facile d'en séparer le sable avec le tamis.

De 100 parties on a retiré :

Sable	60
Débris de feuilles	40
	100

Le sol du Cupari doit être considéré comme un dépôt de terreau de feuilles dont l'étendue et la puissance expliquent à la fois la vigoureuse végétation et l'insalubrité si redoutable de cette localité chaude et humide. Ce terreau naturel offre la particularité de ne renfermer aucune trace de nitrate, tandis qu'il est d'une richesse exceptionnelle en ammoniaque.

J'ai exposé dans un tableau les résultats de ces essais. En les discutant on ne peut s'empêcher de faire cette remarque : que ces terres du Brésil, sans aucun doute des plus fertiles que l'on connaisse, dérivent de roches feldspathiques, et ne contiennent pas au delà de quelques millièmes de chaux.

Dans un kilogramme de terre desséchée à l'air.

	AZOTE entrant dans la constitution de matières organiques.	AMMONIAQUE toute formée.	NITRATES équivalents à nitrate de potasse.	ACIDE phosphorique.	CARBONE appartenant à des matières organiques.	CHAUX.
	gr	gr	gr	gr.	gr	gr
Rio Madeira..	1,428	0,090	0,004	0,864	9,100	2,032
Rio Trombetto..	1,191	0,030	0,001	»	5,863	3,696
Rio Negro..	0,688	0,038	0,001	0,792	3,900	3,304
Amazones, près le lac Saracca..................	1,820	0,042	0,000	0,176	14,944	4,696
Amazones, Santarem..............................	6,490	0,083	0,011	0,288	71,585	15,640
Rio Cupari (terreau naturel)......................	6,850	0,525	0,000	0,445	129,000	4,408

Deux échantillons de sols cultivés ont aussi été examinés dans mon laboratoire : l'un provenait des îles du Salut, dans la Guyane française, et était considéré comme type d'une bonne *terre*, *haute* c'est-à-dire assez élevée pour être à l'abri des crues de l'Orénoque ; l'autre avait été pris dans un champ de cannes à sucre de la Martinique.

La terre de la Guyane était extrêmement ferrugineuse ; on y reconnaissait des débris de fibres végétales et de singuliers petits corps sphériques brillants, d'un jaune d'or, vides à l'intérieur et ayant une ouverture à la périphérie.

La terre de la Martinique avait une teinte grise, une odeur fortement argileuse ; elle était mêlée à des fragments de roches trachytiques. L'acide phosphorique a été reconnu dans les deux échantillons, mais on ne l'a pas dosé. On a trouvé, dans 1 kilogramme de terre desséchée à l'air :

	AZOTE entrant dans la constitution de matières organiques	AMMONIAQUE toute formée.	NITRATES équivalents à nitrate de potasse	CARBONE apparte-nant à des matières organiques	CHAUX.	SESQUI-OXYDE de fer.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Iles du Salut	5,434	0,080	0,643	63,980	2,470	162,000
Martinique.	1,118	0,055	0,186	9,000	13,000	35,000

J'ai constamment rencontré l'azote à trois états fort distincts dans les sols examinés jusqu'à présent : comme élément de matières organiques plus ou moins modifiées, comme base de l'ammoniaque ou de l'acide ni-

trique; c'est dans ces deux derniers états qu'il agit sur la végétation. Aussi, lorsqu'il y a lieu d'apprécier la fertilité d'un sol, il importe de préciser à quel état de combinaison se trouve l'azote, et j'ai fait voir qu'il ne suffit pas de le doser en bloc. En considérant l'azote ainsi dosé comme à l'état d'ammoniaque dans la terre, on arrive à un résultat absurde; j'ai déjà insisté sur ce point, mais je crois utile d'y revenir à l'occasion des analyses dont je viens de présenter le résumé.

Supposons que le volume de la terre sèche d'un hectare en culture soit 3571 mètres cubes, pesant 5 millions de kilogrammes, ou, ce qui revient au même, que la profondeur du sol ameubli soit $0^{m},357$, et le poids du mètre cube de terre 1400 kilogrammes.

Recherchons maintenant, pour les divers sols mentionnés précédemment, quelles seraient les quantités d'ammoniaque contenues dans un hectare, en les calculant d'après l'azote dosé, et comparons-les aux quantités d'ammoniaque déduites de l'ammoniaque réellement déterminée par l'analyse.

TERRES.	DANS UN HECTARE : AZOTE.	AMMONIAQUE calculée d'après l'azote dosé.	AMMONIAQUE calculée d'après l'ammoniaque dosée.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Bischwiller..........	14755	17917	100	7630
Liebfrauenberg......	12970	15806	100	875
Bechelbronn........	6985	8482	45	75
Herbage d'Argentan..	25650	31146	300	230
Rio Madeira........	7140	8670	450	20
Rio Trombetto......	5955	7231	183	5
Rio Negro..........	3440	4177	190	5
Sarracca............	9100	11050	210	»
Santarem...........	32450	39404	415	55
Cupari...............	34250	41589	2875	»
Iles du Salut........	27170	32421	400	3215
Martinique.........	5590	6788	275	930

On voit combien est exagérée la proportion d'ammoniaque que l'on assigne au sol quand on la déduit de la teneur en azote. La plus grande partie de l'azote dans une terre arable n'est pas à l'état d'ammoniaque; aussi, comme l'ont établi les expériences où l'on a considéré la terre dans ses effets sur la végétation, cet azote engagé dans des combinaisons stables n'agit pas immédiatement sur les plantes. Il est d'ailleurs facile de montrer que des proportions aussi fortes d'ammoniaque ne peuvent pas se rencontrer dans un terrain cultivé. Prenons, par exemple, la terre d'Argentan, dans laquelle il y en aurait alors, par kilogramme, $6^{gr},23$, au lieu de $0^{gr},06$ que l'on y a dosés. Ce kilogramme de terre, convenablement humecté, absorberait 200 grammes d'eau, qui nécessairement tiendraient en dissolution les $6^{gr},23$

d'ammoniaque ; ce serait $31^{gr},15$ par litre, représentant 50 à 60 grammes de sels ammoniacaux. Or une semblable dissolution serait certainement préjudiciable aux plantes.

Il ressort de ces recherches que, malgré des origines, des situations les plus diverses, sur les bords du Rhin comme dans la vallée des Amazones, comme dans le delta de l'Orénoque ; dans les sols surabondamment amendés des cultures européennes comme dans les atterrissements déposés par les grands fleuves des forêts impénétrables de l'Amérique, la terre végétale contient toujours les mêmes principes fertilisateurs, ceux que l'on rencontre à doses plus élevées dans le terreau, cette dépouille de ce qui a végété, de ce qui a vécu sur le globe : de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique, le plus ordinairement des sels ammoniacaux réunis à des nitrates ; des phosphates mêlés à des sels alcalins et terreux ; et constamment des matières organiques azotées, dont le carbone, donné par l'analyse, est évidemment l'indice et en quelque sorte la mesure. Matières complexes, incomplétement étudiées, auxquelles cependant, d'après mes expériences, je reconnais cette singulière propriété, de produire, sous certaines influences, agissant dans les conditions normales de la terre arable, de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, c'est-à-dire les deux combinaisons dans lesquelles l'azote est assimilable par les plantes.

INSTRUCTION

SUR

L'ÉTABLISSEMENT DES NITRIÈRES (1).

Les auteurs qui semblent mériter le plus de confiance réduisent à trois les moyens de produire artificiellement du salpêtre : les fosses, les murailles et les hangars. Presque tous reconnaissent en même temps que les fosses sont un moyen lent, que la putréfaction ne s'y achève qu'avec peine, et que l'air ne pouvant pénétrer à travers toute la masse des matières qu'elles contiennent, il ne s'y forme de salpêtre qu'à la surface; les murs ont l'inconvénient d'être trop compactes, de se laisser difficilement pénétrer par l'air : les arrosages d'ailleurs ne peuvent avoir lieu qu'à la surface, ils ne pénètrent pas dans l'intérieur; enfin les murs étant continuellement exposés à l'air, ils sont desséchés par l'ardeur du soleil en été, ils sont lavés par la pluie pendant l'automne et l'hiver, et les toits de paille dont on les couvre ne suffisent pas, quelque précaution que l'on prenne, pour les défendre des injures de l'air.

Ces difficultés doivent déterminer à donner aux hangars une préférence exclusive, et c'est ce qui se trouve encore confirmé par l'exemple de la Suède, de

(1) Paris, imprimerie royale, 1777; publiée par les Régisseurs généraux des poudres et salpêtres.

en paille, surtout si les établissements sont faits à la campagne et dans des places isolées où l'on n'ait point à craindre la communication du feu en cas d'incendie. Il n'y a, au surplus, aucune raison d'exclure ni la tuile ni même l'ardoise, dans les pays où ces manières de couvrir sont à meilleur marché; on doit seulement observer, en général, que la paille et le chaume ont l'avantage de moins s'échauffer pendant l'été, de ménager dans l'intérieur du hangar une certaine fraîcheur favorable à la formation du salpêtre, et de s'opposer aux effets des gelées pendant l'hiver.

Les flancs du hangar doivent être tournés, lorsque rien ne s'y oppose, à l'exposition du nord-est et du sud-ouest; on les fermera, comme il est représenté *fig.* 1, *Pl. I*, avec des claies brutes assez serrées seulement pour rompre les grands courants d'air; on couvrira ces claies en dedans de paillassons qui pourront être haussés ou baissés au besoin, pour empêcher le soleil ou la pluie de pénétrer dans la nitrière, et pour augmenter ou diminuer à volonté le courant d'air qu'il convient d'y entretenir.

Au lieu de fermer la nitrière avec des claies garnies de paillassons, on pourrait l'environner d'un mur de terre mêlée de paille, de fumier, de bourre ou d'autres matières végétales et animales, susceptibles de décomposition. Ces murs se salpêtreraient avec le temps; on pourrait les lessiver et les reconstruire, et il en résulterait une augmentation dans la quantité de salpêtre qu'on obtiendrait : mais, d'un autre côté, cette construction serait un peu plus dispendieuse dans la plupart des provinces que celle en claies, d'autant plus qu'il serait en même temps nécessaire de prati-

quer des ouvertures, des fenêtres, et de les garnir de volets ou au moins de claies garnies de paillassons.

Le dessus des portes d'entrée et de sortie devra être garni de claies comme les flancs, ainsi qu'il est représenté *fig.* 1, *Pl. I.*

Lorsque les hangars seront construits et couverts, on en creusera le sol de 2 pieds de profondeur dans toute leur étendue; s'il se trouve de terre argileuse ou de terre franche, on se contentera d'en bien battre le fond avec des masses. S'il se trouvait de sable, de gravier ou de toute autre terre poreuse, il serait nécessaire de le creuser de 6 pouces de plus, et de remplir ces 6 pouces avec de la terre argileuse, par la raison que les terres poreuses ayant la propriété de s'imprégner facilement de salpêtre, elles pourraient absorber les arrosages ou dérober à la couche, dont il va être question dans un moment, une partie du salpêtre à mesure qu'il serait formé.

Lorsque tout aura été ainsi préparé, on creusera tout autour de chaque hangar un fossé de 2 à 3 pieds de profondeur, avec une pente suffisante et un écoulement dans la partie la plus basse, afin d'éloigner les eaux le plus qu'il sera possible de la nitrière.

Du choix des terres.

La terre, comme on l'a vu plus haut, n'est qu'un agent purement mécanique qui n'entre point dans la composition du salpêtre, ou au moins qui n'entre pour rien dans celle de son acide. Aussi toute terre est-elle, rigoureusement parlant, propre à la fabrication du salpêtre, pourvu qu'elle ne soit ni trop com-

pacte ni trop sableuse : trop compacte, elle ne se laisse pénétrer ni par l'eau ni par l'air; trop sableuse, elle forme une espèce de filtre que l'eau traverse sans y rester, et qui se dessèche avec trop de facilité.

L'art peut, à cet égard, venir au secours de la nature, et on peut, par des mélanges de terre grasse et de terre maigre, de terre argileuse et de terre sableuse, amener celle qu'on veut employer au degré convenable pour la formation du salpêtre.

Dans le choix des terres, celles qui sont déjà salpêtrées, celles qui proviennent des écuries, des caves, des granges, des colombiers, des celliers, des ateliers de teinturiers, de tanneurs, de blanchisseuses, celles des vieilles masures, des débris de démolition, méritent la préférence sur toutes les autres.

A défaut de ces premières, on doit rechercher celles qui se trouvent naturellement mélangées de matières végétales et animales : telles sont le terreau, la terre des couches de jardin, celle qui se trouve sous les fumiers, la terre noire des environs des villages, celle de chènevières, celle des prairies, et surtout celle des luzernes prise à quelques pouces au-dessous de la superficie, la terre des marais, celle des voiries, celle des cimetières abandonnés, le limon des mares, des lacs, des étangs, des marais, des fossés de châteaux ou de villes, les boues des rues, etc. Le mélange des matériaux nécessaires pour la formation du salpêtre se trouvant tout fait dans ces terres, elles sont préférables à des terres pures, et elles exigent une main-d'œuvre de moins.

Enfin les terres pures et non mélangées forment un troisième ordre de matières qui peuvent être em-

ployées avec succès à la formation du salpêtre; mais ces terres ne peuvent seules en produire comme les précédentes, et il faut nécessairement y ajouter des substances végétales et animales susceptibles de se putréfier. Parmi les terres pures, les terres et les pierres calcaires tendres occupent le premier rang, et le tuffau de Touraine surtout, à cause de sa qualité poreuse : comme cette substance est assez dure, il est nécessaire de la concasser avant de l'employer, et de la réduire en morceaux de la grosseur d'une noix tout au plus; les terres coquillières et la craie viennent ensuite; enfin toutes les terres argileuses ou glaiseuses, de même que celles purement sableuses, sont à rejeter : elles ne peuvent être employées qu'en petite proportion, comme mélange destiné à servir de correctif, et elles doivent l'être toujours avec une addition de terre calcaire qui puisse servir de base à l'acide nitreux.

Presque toutes les terres, surtout lorsqu'elles sont convenablement mélangées, sont donc propres à la formation du salpêtre, mais le même traitement ne convient pas à toutes. Les terres des étables, des bergeries, des écuries, toutes celles qui ont un commencement de nitrification, et qui sont très-imbibées de sucs végétaux et animaux, n'ont besoin que d'être exposées à l'air pendant un certain temps sous des hangars, d'être remuées à la pelle de temps en temps, ou d'être disposées par couches comme on l'expliquera bientôt, enfin d'être arrosées, soit d'urine, soit même d'eau pure, afin d'empêcher une dessiccation absolue, pour donner en peu de temps une quantité de salpêtre très-considérable : la putréfaction, qui n'était que commencée dans ces terres, s'achève et se perfec-

tionne, et la quantité de salpêtre croît en proportion.

Quant au terreau, aux terres de prés et autres de cette espèce, elles ne contiennent pas toujours une assez grande quantité de matières végétales et animales pour que le salpêtre s'y forme en peu de temps, et pour qu'on puisse les lessiver promptement et avec profit; c'est alors qu'on accélère la formation du salpêtre dans ces terres par des mélanges, par des arrosages et par un traitement méthodique. Ce traitement est encore plus essentiel relativement aux terres absolument neuves qui ne contiennent aucune substance végétale ou animale, puisque ces dernières ne donneraient point de salpêtre si elles étaient simplement amassées sous des hangars et abandonnées à la nature.

Trois objets principaux doivent fixer l'attention dans la disposition des terres sous les hangars : premièrement, d'économiser le terrain le plus qu'il est possible; secondement, de disposer les terres de manière que l'air puisse aisément pénétrer et circuler dans tout l'intérieur de la masse; troisièmement, de faire en sorte qu'on puisse aisément faire pénétrer partout les arrosages, et répartir la quantité d'humidité convenable avec une très-grande égalité. On comprend que le second de ces trois objets ne serait pas rempli, si on se contentait d'entasser sans précaution, sous un hangar, des terres propres à se salpêtrer. La superficie de ces terres se salpêtrerait sans doute jusqu'à 8, 10 pouces ou 1 pied de profondeur, suivant que la terre serait plus ou moins poreuse; mais l'intérieur d'un semblable amas de terre n'ayant point de contact avec l'air, ne pourrait acquérir de salpêtre

que par communication, c'est-à-dire très à la longue, et il s'en formerait moins en dix ans qu'on ne pourrait en former en deux par des méthodes bien dirigées. Ces réflexions, auxquelles il serait possible d'en ajouter beaucoup d'autres, suffiront pour faire sentir que c'est principalement dans la disposition des terres que consiste l'art de fabriquer le salpêtre.

Quoique la méthode qu'on va décrire ne doive point être regardée comme un moyen exclusif, et qu'il soit possible d'en imaginer d'autres peut-être également propres à remplir le même objet, on croit au moins pouvoir assurer, avec confiance, qu'elle est préférable à tout ce qui s'est pratiqué jusqu'ici, et qu'elle aura le succès le plus complet dans une entreprise en grand.

On rassemblera d'abord dans le hangar, dont on veut former une nitrière, 12 à 15000 pieds cubes de terre choisie, autant qu'il sera possible, dans les deux premières classes ci-dessus désignées; on y ajoutera à leur arrivée des fumiers pourris de chevaux, de mulets, de vaches, de brebis, de poules, de pigeons, etc., des excréments humains presque desséchés, des boues de rues, des plantes, des fruits de toute espèce, des feuilles d'arbres, du marc de raisin, des lies de vin, du tan, des balayures de maison, de caves, de granges et de greniers à foin, des cendres de toute espèce de bois, même de tourbes, les neuves, ainsi que celles qui ont déjà servi aux buanderies, etc. Plus la putréfaction et la décomposition de ces matières sera avancée, plus elles seront propres à cet usage. On mêlera bien intimement toutes ces matières avec les terres, et on les arrosera en même temps, si

elles sont trop désséchées, avec des urines d'hommes et d'animaux, avec des eaux de fumier, de mare croupies, ou avec de l'eau commune à défaut des précédentes.

Il est difficile de déterminer avec précision la proportion des mélanges de matières de toutes espèces qu'on doit faire avec les terres; cette proportion dépend de l'état des terres qu'on emploie; et, comme on l'a déjà observé, il en est qui se trouvent naturellement mélangées d'une suffisante quantité de matières végétales ou animales, et qui n'ont besoin que d'être arrosées, même avec de l'eau simple, à mesure qu'elles se dessèchent, tandis que d'autres peuvent supporter un mélange d'un huitième en poids et de plus d'un quart en volume de fumier, de plantes pourries et autres matières disposées à la putréfaction.

Lorsque ce premier mélange aura été fait, et que les matières auront eu le temps suffisant pour s'incorporer, on les disposera en couches de la manière suivante :

On remplira d'abord en entier, et sur toute la longueur et la largeur du hangar, avec de la terre mélangée, et, comme on vient de le dire, l'excavation de 2 pieds de profondeur qui y aura été faite.

On tracera ensuite, ou plutôt on aura dû tracer d'avance dans le milieu de la nitrière un carré long ou parallélogramme de 18 pieds de large environ sur 88 pieds de longueur : ce parallélogramme laissera des deux côtés un espace vide de 6 pieds entre lui et les côtés de la nitrière; de même, dans les deux bouts, il y aura 6 pieds de distance du petit côté du parallélogramme à chacune des portes.

Les lignes BC, DE (*fig.* 2, *Pl. I*) déterminent la

longueur du parallélogramme, et les lignes BD et CE en déterminent la largeur; on plantera à chacun des angles B, C, D, E, des poteaux de 10 à 12 pieds d'élévation hors terre, pour soutenir les terres : il sera bon d'en placer en outre quelques-uns dans la longueur des lignes BC et DE pour le même objet; ces poteaux devront être inclinés plus ou moins vers l'intérieur de la couche, suivant le talus qu'on jugera à propos de donner aux terres.

Les choses ainsi disposées, on placera sur le sol un rang de claies, *m*, *m*, *m*, *m* (*fig*. 3) à la distance d'environ 6 pieds l'une de l'autre. Ces claies, dont une est représentée séparément (*fig*. 4), ont 18 pieds de longueur, c'est-à-dire autant que la couche a de largeur. On peut les faire d'autant de pièces qu'on le jugera à propos, suivant la longueur des bois; la coupe d'une de ces claies est représentée *fig*. 5; chaque côté du triangle a 1 pied ou environ. Au lieu de les faire en triangle équilatéral, comme celle représentée *fig*. 4, on pourrait en augmenter la hauteur sans en augmenter la base, et donner jusqu'à $1\frac{1}{2}$ pied ou 2 pieds à chacun des côtés.

On couvrira ces claies de 18 pouces environ de terre mélangée comme il a été expliqué plus haut, puis on posera par-dessus un second rang de claies, *m*, *m*, *m*, *m*, également à 6 pieds de distance les unes des autres, mais en observant de les placer dans le milieu des intervalles que laissent entre elles les claies du rang inférieur, ainsi qu'il est exprimé dans la *fig*. 3, et on continuera ainsi successivement, jusqu'à ce que la couche ait atteint une hauteur de 10, 12 pieds et même davantage.

Il sera bon, en formant cette couche, de répandre irrégulièrement, dans toute la masse, de la paille ou du fumier frais : chaque brin de paille forme autant de tuyaux qui distribuent les arrosages, et même, quand ils sont pourris, le vide qu'ils laissent à la place qu'ils occupaient remplit encore quelque temps le même office.

Une couche d'une aussi grande élévation ne pourrait se soutenir d'elle-même, et elle s'éboulerait de toutes parts, si les côtés en étaient perpendiculaires; il faudra leur donner une certaine inclinaison, et on a lieu de présumer qu'en donnant 18 pieds à la couche dans le bas, 12 dans le haut, et 10 à 12 en hauteur, il en résultera un talus suffisant pour le maintien des terres. Ce talus, au surplus, doit varier en raison de la nature des matières, et il vaut mieux le faire plus considérable que moindre que celui qu'on indique ici. On donnera d'ailleurs à la couche une solidité suffisante, en établissant, sur le bord de chaque lit de terre dans le pourtour, de la paille, du fumier peu consommé, des branchages d'arbres, de vieux morceaux de claies pourries qui auront été employées précédemment dans l'intérieur des couches détruites, etc.

La *fig.* 6 représente une coupe du hangar dans sa largeur.

Dans le cas où la main-d'œuvre des claies paraîtrait trop chère, on pourrait y suppléer par le moyen de petits fagots qu'on ajusterait les uns au bout des autres, et qu'on distribuerait dans la masse de terre aux mêmes places que celles ci-dessus indiquées pour les claies. On verra seulement dans la suite qu'il en résul-

terait quelques inconvénients, relativement à la facilité des arrosages.

L'amas d'une quantité de liqueurs suffisante pour entretenir la terre des nitrières dans un degré d'humectation convenable, est un des points les plus importants et en même temps les plus difficiles à remplir. Toute liqueur putréfiée, ou susceptible de se putréfier, est propre à cet usage. Les urines d'hommes et d'animaux sont préférables à toutes; ensuite les eaux qui ont servi à lessiver des fumiers ; enfin on peut employer en arrosage des eaux de vaisselle, des égouts des rues des villes, la lessive des blanchisseuses : cette dernière a l'avantage de contenir des matières animales disposées à la fermentation, et de plus un alcali fixe propre à donner une base à l'acide nitreux et à transformer en salpêtre l'eau mère ou le nitre à base terreuse à mesure qu'il est formé.

Il n'est pas difficile, surtout dans les environs des villes et bourgs, de rassembler à peu de frais une assez grande quantité d'urine humaine. Les maisons publiques, les hôpitaux, les couvents, les colléges, les maisons de force, les spectacles, les corps de garde, les cabarets, sont des magasins naturels qui peuvent fournir amplement aux besoins d'une nitrière : il ne sera pas beaucoup plus difficile, soit à la ville, soit à la campagne, de rassembler, si on le juge à propos, celle des animaux ; il suffira de donner aux écuries ou aux étables une pente suffisante, d'y former un ruisseau qui rassemble les urines et qui les conduise dans des tonneaux défoncés, enterrés en dehors de l'étable ou de l'écurie : ces tonneaux doivent être couverts de planches qui les garantissent de la pluie,

Pour peu qu'on attache de la valeur à cette matière, les habitants de la campagne s'empresseront d'en rassembler, et on sera amplement dédommagé du prix qu'elle coûtera par l'augmentation de produit en salpêtre qu'on obtiendra. A défaut d'urine, on peut employer de la lessive de fumier et d'immondices de toute espèce, et il est aisé, à cet égard, de former dans la nitrière ou aux environs un établissement peu coûteux qui ne la laisse jamais au dépourvu.

L'opération des arrosages étant celle dont dépend principalement le succès des nitrières, on conçoit qu'on n'en doit confier le soin qu'à des mains discrètes et sûres. On doit veiller avec la même attention à ce que les paillassons qui recouvrent les claies d'enceintes soient levés ou baissés à propos.

Quant à la proportion des arrosages, quant aux époques auxquelles il convient de les faire, c'est sur quoi il est impossible de rien prescrire de très-précis. En général ils doivent être plus fréquents qu'abondants, afin que la terre soit toujours entretenue, autant qu'il est possible, au même degré d'humectation : trop d'humidité, comme on l'a déjà dit, est autant et peut-être plus nuisible à la production du salpêtre que trop de sécheresse; il ne faut pas que la terre soit mouillée, encore moins détrempée et dans un état de mortier; il faut seulement qu'elle soit dans un état de fraîcheur et d'humidité, de manière, par exemple, qu'en la pressant dans la main, elle soit dans un état moyen entre la terre qui se pétrit et celle qui s'émiette.

Telle est la marche qu'on doit suivre pour arriver au résultat le plus avantageux; cependant, si on se

trouvait dans des circonstances où il fût impossible de se procurer des urines, qu'on ne pût même obtenir que difficilement et à grands frais des eaux de fumier, de mares, d'immondices, etc., on ne devrait pas encore perdre toute espérance : une couche de terre préparée, comme on l'a exposé précédemment, mélangée d'une suffisante quantité de matières végétales et animales disposées à la putréfaction, arrosée même avec de l'eau pure, peut fournir encore une très-grande quantité de salpêtre.

Il ne reste plus, pour terminer ce qu'on s'est proposé de dire pour les arrosages, qu'à donner une méthode pour les faire avec facilité et pour les répartir avec égalité dans toute la masse.

On aura un entonnoir de cuivre (*fig*. 7, *Pl. I*), lequel pourra contenir jusqu'à quatre pintes de liqueur; la douille de cet entonnoir se prolongera en un long tuyau; enfin, ce même entonnoir aura un robinet en D, qu'on pourra fermer et ouvrir à volonté.

Lorsqu'on voudra faire un arrosage, un premier ouvrier introduira le tuyau dans une des ouvertures des claies *m, m, m* (*fig*. 3); en même temps un second ouvrier versera, avec un broc ou un autre vaisseau quelconque, deux, trois ou quatre pintes de liqueur dans l'arrosoir; cette quantité sera déterminée par des marques qui seront faites intérieurement dans l'entonnoir. Lorsque la dose de liqueur aura été versée dans l'entonnoir, le premier ouvrier tournera le robinet pour la laisser écouler; en même temps il retirera lentement le tuyau afin de répartir la liqueur également dans toute la longueur de l'ouverture *m, m* (*fig*. 4).

Les arrosages ne doivent se faire qu'à compter du

troisième, ou tout au plus du second rang des claies, en comptant par en bas; on conçoit que le tuyau de l'entonnoir ayant 7 pieds de longueur, il portera la liqueur jusque dans le milieu de la masse, et qu'en répétant la même opération par l'autre côté, il n'y aura point d'endroit qui ne soit arrosé.

Le dessus de la couche ne pouvant être humecté de la même manière, on se contentera d'y répandre la liqueur avec des arrosoirs de jardin ordinaires, et les ouvriers auront à cet effet des échelles ou espèces de marchepieds pour s'élever à une hauteur suffisante.

Pendant les gelées d'hiver, on fermera le hangar le mieux qu'il sera possible et on suspendra toute opération.

Il a pu paraître extraordinaire que dans les descriptions qui précèdent, on n'ait donné que 18 pieds de largeur à la couche, tandis qu'il paraîtrait possible de lui donner des dimensions presque égales à celles du hangar : la commodité des arrosages a déterminé ces proportions; en effet, on a vu que la queue de l'entonnoir, pour porter la liqueur jusqu'au milieu de la masse de terre, devait avoir 7 pieds au moins; on ne pourrait donc sortir et rentrer cet entonnoir s'il ne se trouvait entre la couche et les claies qui forment la clôture un espace également de 7 pieds.

Peut-être dans les provinces dont le climat ne serait pas très-sec, serait-il possible de laisser les hangars ouverts de toutes parts; alors on aurait tout le jeu nécessaire pour l'entrée et la sortie de l'entonnoir; et on pourrait, dans un hangar de 30 pieds de large, former une couche au moins de 24.

Ces différentes manières d'arroser ne sont pratica-

bles que dans la supposition des claies triangulaires, *m*, *m*, *m*, *m* (*fig*. 3, 4 et 5), dans le cas où l'on croirait plus à propos d'y substituer, ainsi qu'on l'a proposé à la fin de l'article précédent, de petits fagots placés les uns au bout des autres, et disposés à établir une circulation d'air dans toute la masse destinée à se salpêtrer, il serait nécessaire de faire des changements assez considérables, soit dans l'arrangement des terres, soit dans la manière de les arroser. Les couches, dans cette supposition, ne devraient pas être élevées au delà de 6 à 7 pieds en hauteur, il faudrait se contenter de les arroser par-dessus avec les arrosoirs de jardin, d'en entretenir la surface supérieure toujours meuble, en la ratissant de temps en temps avec des râteaux à dents de fer, afin que les arrosages y pénétrassent mieux ; enfin on ne pourrait guère se dispenser de remuer ces terres à la pelle une fois tous les six ou huit mois, c'est-à-dire deux fois au moins pendant l'intervalle d'un lessivage à l'autre, en observant de mettre par-dessus la portion qui était par-dessous.

Il ne faut pas croire que les méthodes qu'on vient de décrire ne puissent avoir d'application qu'à des fabriques en grand; tout particulier, au contraire, pour peu qu'il ait un coin de hangar, de grange, d'écurie ou de bergerie, pour peu qu'il puisse se ménager un appentis, un endroit quelconque à l'abri des pluies et accessible à l'air, peut y amasser des terres; et en les abandonnant presque à la nature, il retirera sans soins et sans dépense une récolte en salpêtre proportionnée à l'amas de terre qu'il aura formé.

On peut appliquer à ces établissements particuliers

tout ce qui a été dit plus haut pour le choix des terres; c'est-à-dire qu'on doit s'attacher de préférence à celles qui sont déjà salpêtrées ou qui sont disposées à le devenir, et surtout aux plus meubles et aux plus légères. On ajoutera à ces terres, si elles ne sont pas suffisamment mélangées par elles-mêmes, toutes les matières végétales et animales qu'on pourra trouver sous sa main; on y mêlera en outre de la paille ou du fumier nouveau, et on les élèvera ainsi à la pelle, sans les tasser, jusqu'à la hauteur de 2 ou 3 pieds. On pourra augmenter la hauteur de ces tas et leur donner jusqu'à 5 à 6 pieds d'épaisseur, en plaçant dans leur intérieur de petits fagots, tels qu'ils ont été décrits précédemment, et en les disposant de manière à former à l'air des canaux de circulation qui aboutissent, soit à la surface supérieure, soit à celle latérale à la couche. Ces amas ainsi disposés doivent servir de réceptacle à toutes les immondices de la maison; on y jettera les balayures, les épluchures, les os d'animaux, leurs excréments, les fumiers, les matières pourries et gâtées, les cendres, les urines, les eaux de fumiers, les lavures de toute espèce, etc. Ces matières cependant, comme on l'a déjà indiqué, ne doivent pas être employées en trop grande abondance; les arrosages surtout doivent être ménagés avec intelligence, et l'on ne doit pas perdre de vue que leur objet est uniquement d'entretenir la terre moite ou fraîche.

Au bout de quinze ou dix-huit mois, ou plus généralement encore, huit mois ou un an avant de lessiver les terres, il faut cesser toute addition de matière animale ou végétale; si l'on s'aperçoit que

la terre se dessèche trop, il suffit de l'arroser avec de l'eau pure, même en très-petite quantité.

Pour faire mieux encore et pour accélérer davantage la production du salpêtre, il sera très-avantageux de remuer trois à quatre fois l'année la terre à la pelle, en observant de mettre par-dessus ce qui était par-dessous, et de mêler avec la terre de la paille nouvelle et du fumier récent : cette opération a l'avantage de renouveler les surfaces exposées à l'air, et surtout de rendre la terre plus meuble et plus pénétrable par l'air et par l'eau : souvent, au bout de quelque temps, la terre se tasse à la surface et ne laisse plus pénétrer les arrosages. Il est alors nécessaire de la ratisser avec un râteau de fer dont les dents aient deux à trois pouces.

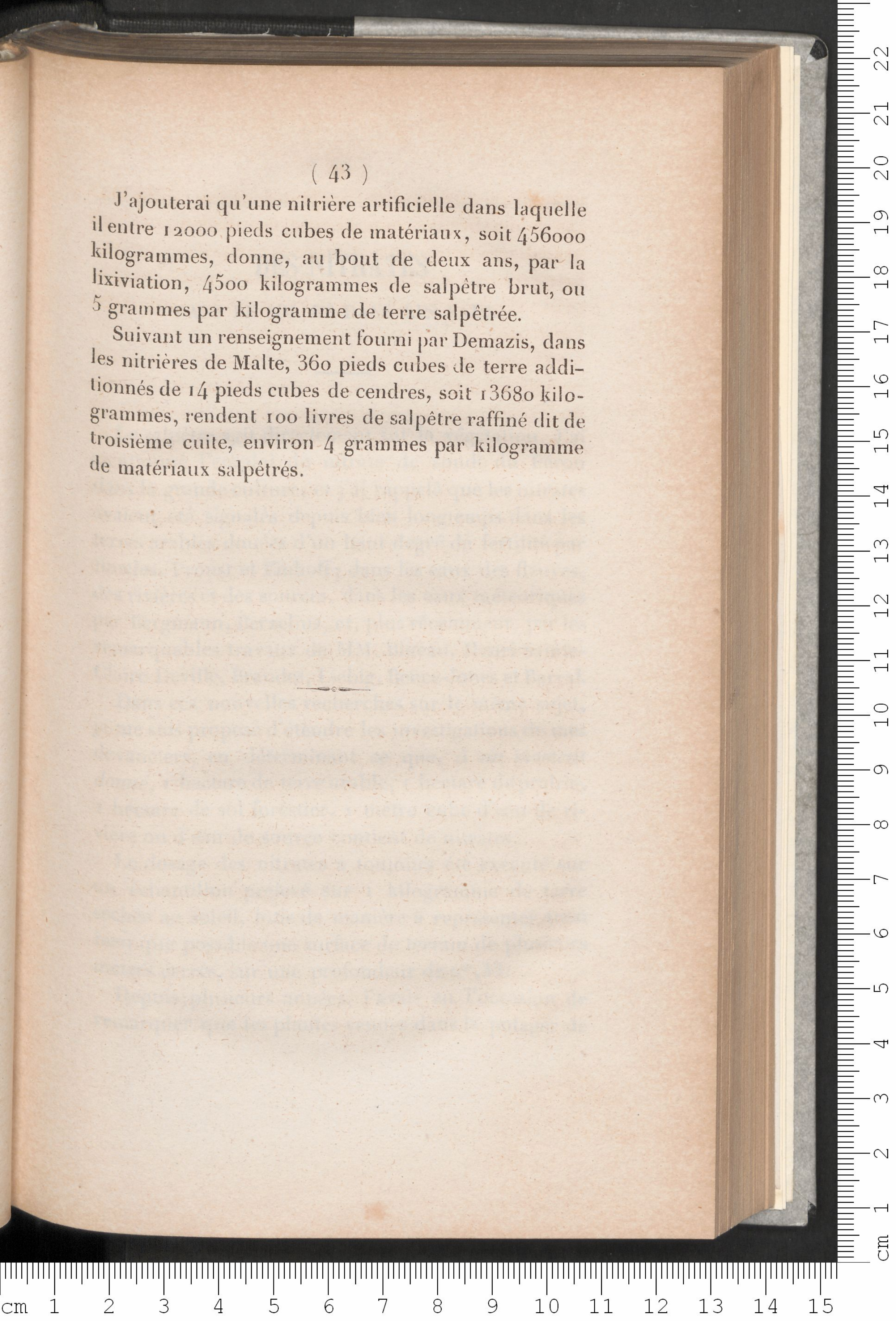
On pratique encore en Suède une méthode très-simple pour fabriquer du salpêtre, et on croit devoir en dire un mot avant de terminer cet article. On construit des couches pyramidales de terre, D, E, F (*fig.* 8) composées des mêmes terres et des mêmes mélanges que ceux indiqués dans l'article précédent ; on prolonge ces couches aussi loin qu'on le juge à propos et que le terrain le permet. Pour défendre ces terres des injures de l'air, et empêcher que la pluie n'en dissolve le salpêtre à mesure qu'il se forme, on les couvre d'une espèce de toit composé de deux perches KK, de 18 à 20 pieds de longueur, arcboutées l'une contre l'autre et maintenues par une traverse I, le tout lié et arrêté avec des harts de saule ou d'osier. Ces perches s'enfoncent de 6 ou 8 pouces dans la terre, et on place de pareils assemblages à 18 pouces ou 2 pieds de distance les uns des autres. L'in-

tervalle de ces perches, ou plutôt de ces assemblages de perches, se remplit avec des gaulettes ou des branchages d'arbres, et le tout se recouvre avec des bruyères, des feuillages, et en général avec tout ce qui peut être propre à empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur.

Ces couches demandent à être traitées et arrosées comme les précédentes. Quelque temps après qu'elles ont été formées, le salpêtre se montre à la surface, et quand elles sont en plein rapport, on ratisse, à peu de jours de distance, un demi-pouce ou un pouce de la terre qui se présente par-dessus, et on la lessive; on répète la même opération jusqu'à ce que la couche ne donne plus d'indice de salpêtre à la surface; alors on lessive toute la masse de terre restant, laquelle fournit encore une assez bonne quantité de salpêtre.

M. Le Bay de Chaumont a imaginé, dans des établissements de ce genre qu'il a faits en Touraine, un moyen très-simple et très-ingénieux pour faire commodément les arrosages.

On a de grands pots, EG, d'une terre cuite poreuse. Ces pots ont 6 à 8 pouces de diamètre et 3 à 4 pieds de profondeur. On les enterre dans le haut de la couche jusqu'à 1 pouce environ de leur bord supérieur; on les emplit d'eau, d'urine, d'égout de fumier, d'eau mère, de nitre étendu, soit avec de l'eau, soit avec quelques-unes des liqueurs précédentes; insensiblement la liqueur pénètre les pores du pot et se répand dans toute la masse de terre. Peu à peu les pots se vident, et on les remplit toutes les fois que l'état des terres le fait juger nécessaire.



J'ajouterai qu'une nitrière artificielle dans laquelle il entre 12000 pieds cubes de matériaux, soit 456000 kilogrammes, donne, au bout de deux ans, par la lixiviation, 4500 kilogrammes de salpêtre brut, ou 5 grammes par kilogramme de terre salpêtrée.

Suivant un renseignement fourni par Demazis, dans les nitrières de Malte, 360 pieds cubes de terre additionnés de 14 pieds cubes de cendres, soit 13680 kilogrammes, rendent 100 livres de salpêtre raffiné dit de troisième cuite, environ 4 grammes par kilogramme de matériaux salpêtrés.

DES NITRATES

DANS LE SOL ET DANS LES EAUX.

Le salpêtre agit directement sur la végétation. J'ai mentionné l'emploi du nitrate de soude du Pérou dans la grande culture, et j'ai rappelé que les nitrates avaient été signalés depuis bien longtemps dans les terres arables douées d'un haut degré de fertilité par Bowles, Proust et Einhoff; dans les eaux des fleuves, des rivières et des sources, dans les eaux météoriques par Bergmann, Berzelius, et, plus récemment, par les remarquables travaux de MM. Bineau, Henri Sainte-Claire Deville, Brandes, Liebig, Bence-Jones et Barral.

Dans ces nouvelles recherches sur le même sujet, je me suis proposé d'étendre les investigations de mes devanciers, en déterminant ce que, *à un moment donné*, 1 hectare de terre arable, 1 hectare de prairie, 1 hectare de sol forestier, 1 mètre cube d'eau de rivière ou d'eau de source contient de nitrates.

Le dosage des nitrates a toujours été exécuté sur un échantillon prélevé sur 1 kilogramme de terre séchée au soleil, lotie de manière à représenter aussi bien que possible une surface de terrain de plusieurs mètres carrés, sur une profondeur de $0^{m},33$.

Depuis plusieurs années, j'avais eu l'occasion de remarquer que les plantes venues dans le potager de

l'ancien monastère du Liebfrauenberg renfermaient de très-notables proportions de nitrates. Des betteraves de Silésie en contenaient en telle quantité, qu'il devint impossible d'en doser le sucre. Tous les ans, en automne, le potager reçoit une fumure très-intense d'engrais d'étable consommé. On ameublit à la bêche au printemps. Le sol est léger, c'est un désagrégat de grès des Vosges et de grès bigarré; l'eau n'y séjourne pas, le terrain étant formé par des débris de grès.

Le 9 août 1856, après quatorze jours de sécheresse et de forte chaleur, on prit de la terre végétale dans un carré.

Dans 1 kilogramme de cette terre desséchée au soleil, on dosa en nitrates l'équivalent de $0^{gr},211$ de nitrate de potasse.

Le litre de terre sèche pesant $1^{kil},300$, on a ainsi 274 grammes de nitrate pour le mètre cube. De sorte que le 9 août, après une sécheresse prolongée, on pouvait estimer à 914 kilogrammes le salpêtre contenu dans 1 hectare du potager, en prenant 33 centimètres pour l'épaisseur moyenne de la terre végétale, ce qui n'a certainement rien d'exagéré.

Une aussi forte proportion de nitre dans un sol aussi abondamment fumé ne doit pas surprendre. En effet, incorporer dans une terre bien ameublie de l'engrais d'étable dans un état avancé de décomposition, faire intervenir soit des cendres, soit de la marne, labourer de nouveau pour favoriser l'accès de l'air, établir des rigoles pour prévenir la stagnation des eaux, c'est fumer un champ, c'est le préparer à porter d'abondantes récoltes. Mais, pour peu qu'on y

réfléchisse, on reconnaîtra que c'est exactement ainsi que l'on procède lorsqu'il s'agit d'établir une nitrière artificielle. La seule différence consiste en ce que la nitrière doit être abritée, surtout dans notre climat pluvieux, afin de conserver dans la terre des sels aussi solubles que le sont les nitrates. Ainsi, du 9 au 29 août il plut tous les jours au Liebfrauenberg; on avait jaugé dans l'udomètre 53 millimètres d'eau.

Le 29 août, immédiatement après qu'il eut cessé de pleuvoir, on ramassa de la terre dans le même carré où on en avait pris le 9. Après dessiccation, 1 kilogramme de cette terre a donné $0^{gr},0087$ de nitrate; par conséquent, dans 1 mètre cube, l'équivalent de $11^{gr},3$ de nitrate de potasse, ou 38 kilogrammes pour 1 hectare. La plus grande partie du salpêtre avait donc disparu.

Dans le mois de septembre, il a plu quinze fois et il est tombé 108 millimètres d'eau.

Le 10 octobre, après quatorze jours de sécheresse, le sol du potager, sous l'influence d'un vent soutenu, ayant perdu son excès d'humidité, était devenu assez sec pour avoir besoin d'être arrosé. De la terre prise au pied d'un mur d'appui a fourni, après avoir été desséchée, $0^{gr},298$ de nitre par kilogramme, soit $387^{gr},4$ par mètre cube ou 1291 kilogrammes par hectare, nombre assez rapproché, en le dépassant, de celui obtenu le 9 août.

Les alternatives de sécheresse et d'humidité que le sol avait subies expliquent les énormes variations constatées dans les proportions de nitrates. Quant à la forte quantité de ces sels, elle provient, à n'en pas douter, de la prodigalité avec laquelle on fume tou-

jours un potager, véritable type de la culture intense. Il convenait donc de doser le salpêtre dans des sols qui ne reçoivent jamais d'engrais, comme le sol des forêts, ou qui n'en reçoivent que dans des proportions assez restreintes, comme la terre d'une culture normale.

SOL FORESTIER.

Forêt de pins sur le sommet de la montagne de grès des Vosges qui domine le Liebfrauenberg. — Terrain sablonneux. La terre prise le 4 septembre 1856, sur un point couvert de bruyères et à une telle élévation, qu'elle ne reçoit pas d'autre eau que la pluie.

Dans 1 kil. de cette terre desséchée, on a dosé	0,00037 gr	de nitrates.
Dans 1 litre, pesant 2 kilogrammes........	0,00070	

soit par mètre cube, nitrates équivalents à $0^{gr},70$ de nitrate de potasse.

Forêt de charmes et de hêtres de la Hardt, près Mulhouse. — Terrain de gravier, alluvion du Rhin.

Dans 1 kilogramme de terre prise le 21 octobre 1856, dosé l'équivalent de..............	0,00056 gr	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre pesant $1^{kil},5$.....	0,00084	
Dans 1 mètre cube..........	0,84	

Forêt de sapins des Vosges, entre Thann et Massevaux (Haut-Rhin).

Dans 1 kilogramme de terre prise le 25 octobre 1856, dosé l'équivalent de..............	0,00144 gr	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre pesant $1^{kil},5$......	0,00216	
Dans 1 mètre cube..........	2,16	

Il n'avait pas plu depuis le 2 octobre.

Forêt de sapins, près Ferrette (Haut-Rhin). — Terrain très-humide, peu épais, sur un calcaire.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée prise le 27 octobre 1856, on n'a pu constater la présence du nitre.

Forêt de Fontainebleau, semis de sapins.

Dans 1 kilogramme de sable desséché, pris le 15 octobre 1856, on a dosé l'équivalent de....	gr 0,00172 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre pesant $1^{kil},90$.....	0,00327
Dans 1 mètre cube...........	2,31

Forêt de Fontainebleau. — Sable pris le 15 octobre dans une caverne de grès dite la Caverne des Quarante Voleurs.

Dans 1 kilogramme de sable sec, on a dosé l'équivalent de....	gr 0,001954 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre.....	0,00371
Dans 1 mètre cube...........	3,71

Forêt de Hatten, près du Rhin. — Le 15 août 1856,

Dans 1 kilogramme de terre de bruyère provenant de la forêt, on a dosé l'équivalent de.....	gr 0,00873 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},340$).........	0,01170
Dans 1 mètre cube...........	11,70

Cette terre est noire, très-sablonneuse. La même terre de bruyère, conservée en tas sous un hangar depuis un an, contenait, par mètre cube, l'équivalent de 428 grammes de nitrate de potasse.

SOL DE PRAIRIES.

Prairie sur les bords de la Saüer. — Le 6 septembre 1856,

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, dosé, nitrates équivalents à	gr 0,00069	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},9)	0,00131	
Dans 1 mètre cube	1,31	

La terre était extrêmement humide quand on l'a prise.

Prairie des Vosges, en pâturage, située entre la ferme des Neuf-Bois et celle des Rouges-Gazons (Haut-Rhin). — Sol contenant beaucoup de gravier.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, dosé l'équivalent de	gr 0,01736	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},400)	0,02257	
Dans 1 mètre cube	22,57	

Cette terre renfermait de nombreuses fibres de racines de gazon. L'échantillon examiné avait été pris le 24 octobre; il n'avait pas plu depuis assez longtemps.

Prairie en pâturage, près de Roedersdorff (Haut-Rhin). — Terrain calcaire.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, séparée des cailloux, on a dosé l'équivalent de	gr 0,00636	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},73)	0,011	
Dans 1 mètre cube	11,00	

La terre avait été prise le 27 octobre, après la sécheresse.

TERRES LABOURÉES.

Vigne du Liebfrauenberg, dans un terrain de sable quartzeux dérivant du grès des Vosges et du grès bi-

garré. — Cette vigne est fumée tous les trois ans.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, on a dosé l'équivalent de.	gr 0,000673 de nit. de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},90)...........	0,00128
Dans 1 mètre cube...........	1,28

La terre avait été prise le 6 septembre 1856, après des pluies assez fréquentes.

Le 27 septembre 1857, le mètre cube contenait l'équivalent de 65 grammes de nitrate de potasse. La terre était sèche.

Houblonnière, dans la vallée de la Saüer (Bas-Rhin). — La houblonnière a été établie sur une ancienne prairie, au bord de la rivière.

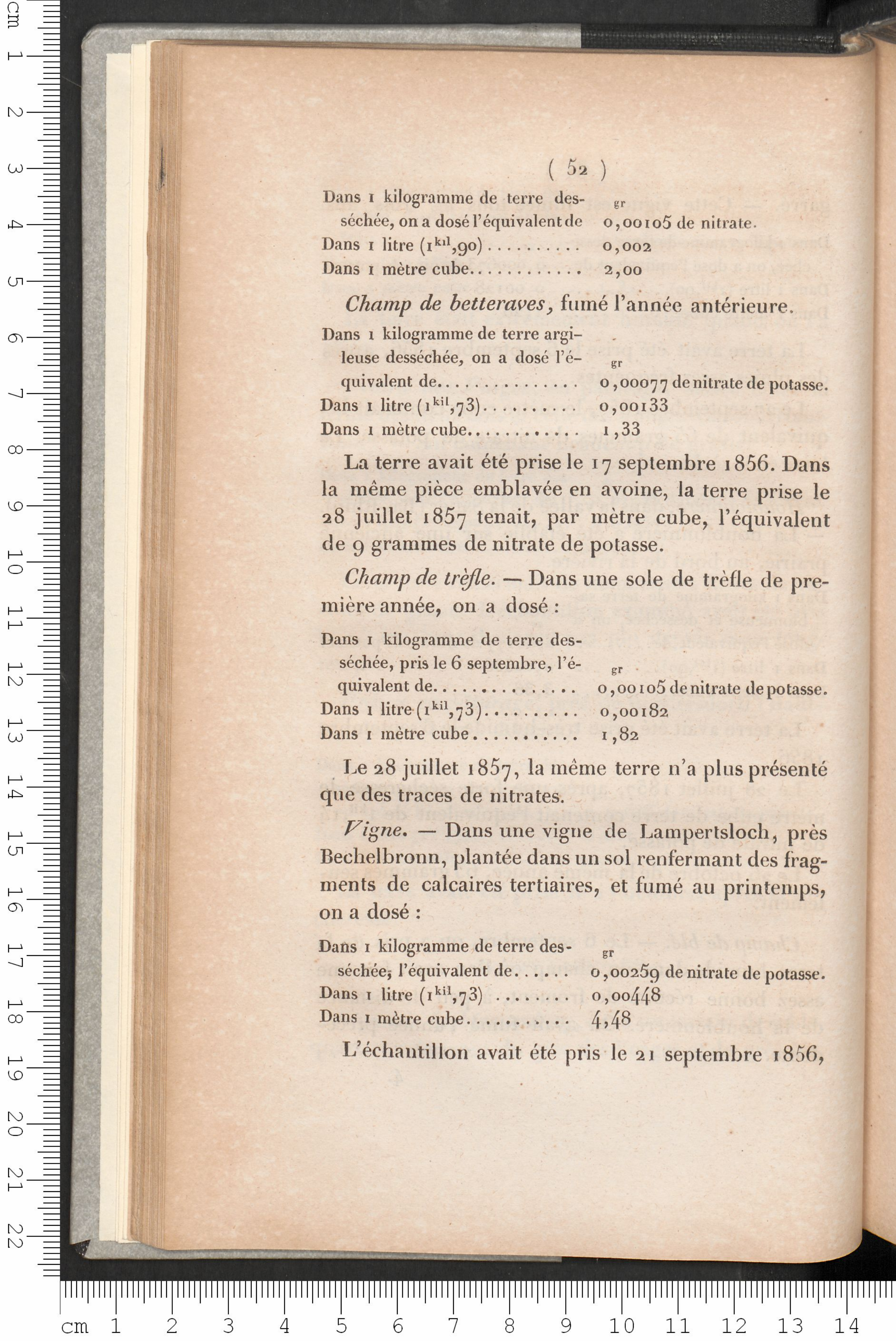
Dans 1 kilogramme de terre sablonneuse et desséchée, on a dosé l'équivalent de.......	gr 0,00177 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},90).........	0,00336
Dans 1 mètre cube..........	3,36

La terre avait été prise très-humide le 6 septembre 1856.

Le 28 juillet 1857, après une forte sécheresse, le mètre cube de terre contenait l'équivalent de 1^{kil},14 de nitrate de potasse.

Le 26 octobre de la même année, 63 grammes seulement.

Champ de blé. — Le 6 septembre, on a pris de la terre humide dans un champ où l'on avait fait une assez bonne récolte de froment, à peu de distance de la houblonnière. On avait fumé l'année précédente.



Dans 1 kilogramme de terre desséchée, on a dosé l'équivalent de	gr 0,00105 de nitrate.
Dans 1 litre ($1^{kil},90$)..........	0,002
Dans 1 mètre cube............	2,00

Champ de betteraves, fumé l'année antérieure.

Dans 1 kilogramme de terre argileuse desséchée, on a dosé l'équivalent de..............	gr 0,00077 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$)..........	0,00133
Dans 1 mètre cube............	1,33

La terre avait été prise le 17 septembre 1856. Dans la même pièce emblavée en avoine, la terre prise le 28 juillet 1857 tenait, par mètre cube, l'équivalent de 9 grammes de nitrate de potasse.

Champ de trèfle. — Dans une sole de trèfle de première année, on a dosé :

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, pris le 6 septembre, l'équivalent de..............	gr 0,00105 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$)..........	0,00182
Dans 1 mètre cube...........	1,82

Le 28 juillet 1857, la même terre n'a plus présenté que des traces de nitrates.

Vigne. — Dans une vigne de Lampertsloch, près Bechelbronn, plantée dans un sol renfermant des fragments de calcaires tertiaires, et fumé au printemps, on a dosé :

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, l'équivalent de......	gr 0,00259 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$)........	0,00448
Dans 1 mètre cube...........	4,48

L'échantillon avait été pris le 21 septembre 1856,

après la pluie. Le 3 août 1857, on n'a plus trouvé dans le sol que des traces de nitre.

Champ de topinambours. — Le 7 octobre,

1 kilogramme de terre desséchée provenant d'une pièce de topinambours, dépendante de la ferme de Merkwiller, a donné l'équivalent de...........	gr 0,00333	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},85)........	0,00616	
Dans 1 mètre cube.........	6,2	

Le 12 août 1857, la même terre bien égouttée, tenait, par mètre cube, l'équivalent de 180 grammes de nitrate.

Les topinambours sont cultivés sans interruption et fumés tous les deux ans.

Champ de maïs, près de Hoerdt (Bas-Rhin). — Sol très-sablonneux, fumé avec de l'engrais des fosses d'aisance, qu'on applique à chaque pied de maïs. L'échantillon a été pris le 13 octobre. Il y avait eu un violent orage dans la nuit du 11 au 12. Le sol, presque entièrement formé de sable, était très-humide.

Dans 1 kilogramme de sable sec, on a dosé l'équivalent de...	gr 0,00042	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},90)........	0,00080	
Dans 1 mètre cube....	0,80	

Champ de navets, près Seven (Haut-Rhin), près du lac, dans la vallée de Masseveaux. — La terre est noire et très-meuble.

Dans 1 kilog. de terre sèche, on a dosé..................	gr 0,00224	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre (1^{kil},3)	0,00292	
Dans 1 mètre cube.	2,92	

Champ de topinambours, près de Rœdersdorf (Haut-Rhin). — Terrain calcaire. L'échantillon a été pris le 27 octobre.

Dans 1 kilog. de terre sèche, on a dosé l'équivalent de......	gr 0,00053 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$).........	0,01092
Dans 1 mètre cube	0,92

Terre arable, près de Reims (Marne). — Fumée abondamment dans l'automne de 1854. Sol calcaire.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, on a dosé l'équivalent de	gr 0,00602 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$).........	0,0104
Dans 1 mètre cube...........	10,40

L'échantillon avait été pris à la fin d'octobre 1856, après une récolte de blé.

Terre arable de la Chaise, près Louzouer (Loiret). — Cette terre avait été marnée en 1830. L'échantillon a été pris à la fin d'octobre 1856.

Dans 1 kilogramme de terre desséchée, on a dosé l'équivalent de	gr 0,00086 de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},73$)..........	0,001488
Dans 1 mètre cube............	1,48

Terre arable des environs de Tours. — Falunée depuis neuf à dix ans, à raison de 70 mètres cubes de falun par hectare (1).

1 kilogramme de terre sèche a donné l'équivalent de.......	gr 0,0072 de salpêtre.
Dans 1 litre ($2^{kil}.$)	0,0144
Pour 1 mètre cube...........	14,00

(1) Le falun coûte 5 à 6 francs les 8 mètres cubes, pris à la falunière.

Terre arable des environs de Tours. — Falunée depuis cinq ans, à raison de 70 mètres cubes de falun.

1 kilog. a donné l'équivalent de	gr 0,054	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre..................	0,108	
Par mètre cube..............	108	

Terre noire de Russie. — Cette terre, d'une grande fertilité, connue sous le nom de Tcherno-Sem, avait été rapportée par M. de Villeneuve.

Dans 1 kilogramme l'analyse a indiqué l'équivalent de......	gr 0,0041	de nitrate de potasse.
Dans 1 litre ($1^{kil},92$).........	0,0078	
Pour 1 mètre cube...........	8,00	

A quelques exceptions près, on a rencontré le salpêtre dans les terres examinées, généralement, il est vrai, en proportions assez faibles. Mais on ne doit pas oublier que presque tous les dosages ont été exécutés durant un automne pluvieux, et que la pluie tend à faire disparaître les nitrates. On a reconnu, en effet, que le nitre de 1 mètre cube de la terre d'un potager a varié de 274 grammes à 11 grammes, suivant qu'on l'avait dosé avant ou après l'arrivée des jours pluvieux. Ce qu'il faut voir surtout dans ces résultats, c'est le fait de la fréquence du salpêtre dans la terre végétale, soit qu'elle appartienne au sol forestier situé à une telle hauteur au-dessus des vallées, qu'il ne reçoit, comme engrais, rien autre chose que de la pluie, soit qu'elle fasse partie d'un sol labouré auquel on applique la fumure la plus intense.

L'eau tendant à dissoudre les nitrates, peut-être aussi, quand elle est en excès, à empêcher leur for-

mation, on devait s'attendre à en trouver une plus forte proportion dans une terre convenablement fumée, tenue à l'abri de la pluie. J'ai effectivement rencontré de très-notables quantités de salpêtre, dans le sol des serres chaudes, qui a plus d'une analogie avec les nitrières artificielles.

Dans 1 kilogramme de terre d'une serre du Jardin des Plantes, j'ai dosé l'équivalent de 6 centigrammes de nitrate de potasse : 89 grammes par mètre cube.

Un kilogramme de terre prise dans une autre serre du même établissement a donné l'équivalent de 6 décigrammes de nitrate de potasse; soit 804 grammes par mètre cube.

Dans la serre du jardin de botanique de l'École de Médecine, j'ai pu doser, dans 1 kilogramme de la terre noire et légère placée à la surface des bâches, l'équivalent de $0^{gr},121$ de nitrate de potasse, ou 161 grammes pour 1 mètre cube.

Dans 1 kilogramme de terre forte, prise à 30 centimètres de profondeur au-dessous de la terre légère, on a trouvé l'équivalent de $0^{gr},107$ de nitrate de potasse : 185 grammes par mètre cube.

Que les nitrates dont j'ai constaté la haute dose dans le sol des serres chaudes aient pour origine l'atmosphère, ou qu'ils soient formés par suite des modifications qu'éprouvent graduellement les matières organiques du fumier en présence de bases alcalines ou terreuses, ou bien encore qu'ils résultent simplement de l'accumulation successive des nitrates apportés par l'eau employée à l'arrosement, ou, si l'on veut enfin, ces diverses causes réunies, toujours est-il que leur persistance dans la terre dépend essentiellement

de cette circonstance, que les eaux pluviales ne peuvent pas les enlever; aussi, tout porte à croire, en mettant à part l'influence favorable de la température et de l'humidité, que c'est dans une serre chaude qu'un engrais produit le maximum de son effet utile. Qu'à ce sujet il me soit permis de présenter quelques réflexions.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est naturel d'attribuer les principes azotés des végétaux soit à l'ammoniaque, soit à l'acide nitrique toute réserve étant faite sur la question de savoir si l'azote de l'acide ne passe pas à l'état d'ammoniaque sous l'influence de l'organisme végétal. L'azote de l'albumine, de la caséine, de la fibrine des plantes, a très-probablement fait partie d'un sel ammoniacal ou d'un nitrate. Peut-être pourrait-on ajouter à ces deux sels une matière brune qu'on obtient du fumier; mais, même avec l'adjonction de cette matière encore si mal connue, il reste établi que tout élément immédiatement actif d'un engrais est soluble, et que, par conséquent, un sol fumé, quand il est exposé à des pluies continues, perd une portion plus ou moins forte des agents fertilisants qu'on lui a donnés (1); aussi trouve-t-on constamment dans l'eau de drainage, véritable lessive du terrain, des nitrates, et, quoi qu'on en ait dit, des sels ammoniacaux; et s'il est vrai que le sommet des montagnes, que les plateaux élevés n'ont pas d'autres engrais que les substances minérales

---

(1) Les observations faites depuis sur la fixation de l'ammoniaque par la terre arable ont nécessairement modifié les idées que j'exprime en ce moment.

dérivées des roches qui les constituent, les matières organiques dont un sol ameubli n'est jamais entièrement dépourvu, et les eaux météoriques, il ne l'est pas moins que, dans les conditions les plus ordinaires de la culture, une terre très-fortement amendée cède probablement à l'eau pluviale qui la traverse, plus de principes fertilisants qu'elle n'en reçoit d'elle. Il suffit d'examiner les eaux des drainages pour en être convaincu. En donnant à la terre du fumier à un état de décomposition peu avancé, renfermant, par cela même, plutôt les éléments des produits ammoniacaux et des nitrates que ces sels eux-mêmes, l'inconvénient dû à l'action des pluies prolongées est bien moindre que si l'on donnait du fumier *fait* où dominent les sels solubles. Aussi, parmi les avantages que présente incontestablement l'application des *engrais liquides*, je crois qu'il convient de placer en première ligne celui de n'apporter aux cultures que des matières convenablement modifiées pour être absorbables, en ne les offrant à la plante qu'au fur et à mesure des besoins : véritable dosage ayant une certaine ressemblance avec les procédés les plus délicats de la physiologie expérimentale et qui soustrait l'engrais, particulièrement les nitrates, à l'action dissolvante des eaux pluviales.

Si les eaux météoriques, auxquelles l'agriculteur ne commande pas, produisent souvent un effet défavorable sur les cultures par leur abondance et surtout par l'inopportunité de leur intervention, il n'en est pas ainsi des eaux de sources, des eaux de rivières amenées par l'irrigation ou par voie d'imbibition. Ces eaux, quand on les mesure à la terre, lui cèdent la

totalité des substances utiles qu'elles tiennent en dissolution ou en suspension : des sels calcaires et alcalins, de l'acide carbonique, des matières organiques, etc.; et pour montrer dans quelle large proportion ces substances dissoutes ou entraînées sont introduites, je rappellerai que, dans une suite d'expériences que j'avais entreprises pour apprécier le volume d'eau nécessaire à l'irrigation dans notre climat, pendant l'été, j'ai pu faire boire très-facilement, à 1 hectare ensemencé de trèfle, 97 mètres cubes d'eau toutes les vingt-quatre heures. Ce n'était, après tout, qu'un arrosement à raison de $9^{lit},7$ de liquide par mètre carré; c'était verser sur le sol une couche d'eau dont l'épaisseur n'atteignait pas $0^{m},01$.

Entre les sels utiles à la végétation que l'irrigation apporte à la terre, on doit distinguer les nitrates dont les effets fertilisants n'avaient pas échappé à la sagacité de M. Henri Sainte-Claire Deville dans le travail classique qu'il a publié sur la composition des eaux potables, et dont il a déduit comme conséquence : « Que l'eau des sources et des rivières est pour les » prairies un puissant engrais, par la silice et les al- » calis qu'elle amène, et par la matière organique et » les *nitrates* où les plantes puisent l'azote indispen- » sable à leur organisme (1). »

Salpêtre dans les marnes. — Il était intéressant de rechercher les nitrates dans les marnes qu'on emploie en quantité si considérable pour amender le sol.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXIII, p. 32.

Marne de la Chaise, près Louzouer (Loiret). — Cette marne est blanche, facilement délitable. Aussitôt après son extraction, à la fin d'octobre, on a dosé dans 1 kilogramme de marne sèche une quantité de nitrates équivalente à $0^{gr},00373$ de nitrate de potasse; le litre pesant $1^{gr},90$, on a, pour 1 mètre cube, $7^{gr},18$.

De la marne de la même localité, extraite en 1853, était restée en tas, aux bords de la marnière, jusqu'à la fin d'octobre 1856. Dans 1 kilogramme de cette marne, pesée après dessiccation, on a trouvé l'équivalent de $0^{gr},010$ de nitrate de potasse, soit, par mètre cube, 19 grammes. Par sa longue exposition à l'air, la marne de Louzouer, d'un blanc parfait quand elle sort de terre, avait acquis une teinte rosée.

Marne de la butte Saint-Chaumont, près Paris. — On l'a prise entre deux assises de gypse, dans la carrière dite de l'*Amérique*. Elle est compacte, d'une nuance jaune pâle, très-argileuse. Dans 1 kilogramme de marne desséchée, on a dosé l'équivalent de $0^{gr},01511$ de nitrate de potasse. Le litre de cette marne en poudre pesant $1^{kil},83$, on a $24^{gr},65$ pour le nitre dans 1 mètre cube.

Dans le gypse de la même carrière, on n'a pu constater la présence des nitrates.

Craie de Meudon. — Dans une carrière où la craie est exploitée pour la préparation du *blanc d'Espagne*, on a enlevé plusieurs échantillons le 15 janvier 1857, l'un dans une galerie supérieure de la couche, les autres dans les galeries inférieures. 1 kilogramme de

craie, de la galerie supérieure, a donné l'équivalent de $0^{gr},0094$ de nitrate de potasse; en prenant 2,4 pour la densité, le mètre cube de craie contiendrait environ 23 grammes de salpêtre.

La craie des galeries inférieures n'a offert que des traces de nitrates.

Plâtre de Montmartre. — Un échantillon provenant de la carrière Saint-Denis, dans la couche inférieure, mouillée par une infiltration, a donné pour 1 kilogramme l'équivalent de $0^{gr},140$ de nitrate de potasse, soit 308 grammes par mètre cube.

Un autre échantillon choisi dans l'intérieur d'un bloc n'a plus fourni, par kilogramme, que l'équivalent de $0^{gr},0082$ de nitrate de potasse, soit, pour 1 mètre cube, 18 grammes.

On n'a trouvé aucun indice de salpêtre dans six autres échantillons de plâtre provenant de la carrière Saint-Denis et des carrières de Chaumont et de l'Amérique.

Plâtre de Rixheim (Haut-Rhin). — Dans 1 kilogramme de pierre de deuxième qualité, on a dosé l'équivalent de $0^{gr},0005$ de nitrate de potasse; 1 gramme par mètre cube. Dans la pierre de première qualité on n'a pas trouvé de nitrates.

Eaux des lacs. — Les eaux examinées provenaient :

Du lac de Stern, au-dessus de Masseveaux (Haut-Rhin);

Du lac Seven, d'où sort la Doller, dans la vallée de Masseveaux;

De l'étang de Soultz-Bach, près Woerth (Bas-Rhin).

Ces eaux ne renfermaient que de très-faibles quantités de nitrates, moins de 1 milligramme par litre, peut-être à cause des matières organiques accumulées dans ces lacs.

Eaux des fleuves et des rivières. — Des eaux examinées, les moins chargées de nitrates sont celles de quelques rivières tributaires du Rhin; la Sauer, par exemple, qui, le 21 octobre 1857, n'en contenait pas même 1 gramme par mètre cube. Les eaux dans lesquelles on en a dosé le plus, sont celles de l'Ourcq, de la Vesle en Champagne, de la Seine.

L'eau de Seine renfermait 11 grammes de salpêtre par mètre cube. Ce nombre est déduit de 11 déterminations faites entre le 29 novembre 1856 et le 21 janvier 1858.

En 1846, M. Henri Sainte-Claire Deville a dosé dans l'eau de ce fleuve, en nitrate de soude et de magnésie, l'équivalent de 18 grammes de nitrate de potasse par mètre cube.

A l'étiage, la Seine débite, à Paris, par seconde, 75 mètres cubes.

Pendant les eaux moyennes, 250 mètres cubes.

En adoptant 11 grammes pour le nitrate, on trouve que, dans les basses eaux, en vingt-quatre heures, le fleuve porte à la mer l'équivalent de 71000 kilogrammes de nitrate de potasse, et dans les eaux moyennes de 238000 kilogrammes, et cependant le volume des eaux de la Seine est bien inférieur à celui de la plupart des fleuves qui sillonnent les continents. Par exemple, le Rhin, à Lauterbourg, fournit, lors des

eaux moyennes, 1106 mètres cubes par seconde; l'eau prise à Bâle le 11 mars 1858, renfermait par litre, en acide nitrique, l'équivalent de 0gr,002 de nitrate de potasse. Ainsi, en vingt-quatre heures, le Rhin emportait vers la mer 193000 kilogrammes de nitrate, et cela avant d'avoir été grossi par la Moselle et la Meuse.

D'après les renseignements recueillis par le maréchal duc de Raguse (1), le Nil laisserait couler dans les basses eaux, en vingt-quatre heures :

Par la branche de Rosette.	79532551	mètres cubes.
Par la branche de Damiette.	71033840	
	150566391	

En supposant que l'eau du Nil ne contienne pas plus de nitrate que l'eau du Rhin, ce fleuve porterait chaque jour, à la Méditerranée, 301133 kilogrammes de salpêtre (2).

Ces données, tout incomplètes qu'elles sont, suffisent néanmoins pour faire comprendre combien est immense la masse de salpêtre continuellement enlevée aux bassins hydrographiques, et avec quelle incessante activité doivent agir, à la surface du globe, les phénomènes qui déterminent la nitrification.

Eau des sources. — Les sources dont les eaux tenaient le moins de nitrates, sont celles du Liebfrauenberg et celles des ruines du château de Fleckenstein.

---

(1) Duc de Raguse, *Voyages*, t. III, p. 247.

(2) Dans des recherches exécutées dans mon laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, M. Barral a dosé, dans de l'eau du Nil puisée en 1859, jusqu'à 0gr,004 d'acide nitrique par litre, c'est-à-dire l'équivalent de 0gr,0075 de nitrate de potasse. Le Nil entraînerait ainsi, par jour, plus d'un million de kilogrammes de salpêtre.

L'eau du Liebfrauenberg en contiendrait, par mètre cube, 0,42. Ces sources sortent du grès des Vosges.

Deux sources très-abondantes, dans lesquelles on a trouvé une forte dose de nitrates, sont l'Ebersbronn, 39 grammes par mètre cube, et celle de Roppentzwiller, dans le Haut-Rhin, par mètre cube, $11^{gr},24$.

La source de l'Ebersbronn est à peu de distance du village de Lampersloch (Bas-Rhin). Je ne l'ai jamais vue tarir; elle sort d'un loam supporté par le grès rouge.

La source de Roppentzwiller sort du calcaire jurassique; elle fournit environ 4 litres d'eau par seconde, ou 345000 mètres cubes par jour. En vingt-quatre heures, elle émettrait donc une quantité de nitrates équivalente à 3000 ou 4000 kilogrammes de nitrate de potasse, dont l'effet favorable sur les prairies qu'elle irrigue est incontestable.

Eaux des puits. — J'ai trouvé généralement plus de nitrates dans des puits foncés dans les villages, dans les exploitations rurales, que dans les sources et les rivières; mais encore ici les proportions ont été des plus variables.

L'eau des puits de Woerth et de Freischwiller (Bas-Rhin), établis dans les marnes du lias, en ont 66 et 91 grammes par mètre cube. Mais c'est dans les puits des grandes villes que l'on trouve les plus fortes quantités de nitrates. Ce fait est connu depuis longtemps, et M. Henri Sainte-Claire Deville a dosé dans une eau puisée à Besançon l'équivalent de 198 grammes de nitrate de potasse par mètre cube. La proportion de nitre que j'ai rencontrée dans des eaux des puits de Paris est encore plus élevée.

Les eaux dans lesquelles il y a eu le moins de nitrates provenaient de puits situés :

Rue Guérin-Boisseau, on a dosé par mètre cube l'équivalent de
206 grammes de nitrate de potasse.

Rue Saint-Martin........	223
Rue Saint-Georges.......	238
Rue des Petites-Écuries...	258

Les eaux qui en ont donné le plus avaient été puisées dans les quartiers les plus anciens.

Dans l'eau d'un puits situé :

Rue du Fouare, on a dosé par mètre cube l'équivalent de
1^{kil},031 de nitrate de potasse.

Rue du Foin-Saint-Jacques .	1^{kil},500
Rue Saint-Landry.......	2^{kil},093
Rue Traversine.........	2^{kil},165

Dans deux puits de jardins maraîchers des faubourgs, le mètre cube d'eau renfermait 1^{kil},268 et 1^{kil},546 de nitrates.

On voit que 100 mètres cubes de ces eaux, exclusivement destinées à l'arrosement, portent dans le terrain 125 à 155 kilogrammes de salpêtre, dont l'utilité comme engrais ne saurait faire l'objet d'un doute, surtout quand on sait qu'en été un hectare de terrain maraîcher absorbe par jour 30 à 40 mètres cubes d'eau.

La forte proportion de nitrates trouvée dans l'eau des puits de la capitale est évidemment due aux modifications que subissent les matières organiques dont le sol est constamment imprégné. La pureté de l'air et de l'eau, dont les effets se manifestent avec une si grande énergie sur la santé publique, doit en être profondément affectée. J'ai montré, à une autre

époque, que la pluie, après avoir balayé, en la traversant, l'atmosphère d'une grande cité, tient en dissolution ou en suspension beaucoup plus d'ammoniaque, beaucoup plus de principes organiques putrescibles que lorsqu'elle tombe au loin dans la campagne; aujourd'hui je rappelle que l'eau de puits, après s'être infiltrée à travers un terrain comparable à une nitrière, est souillée de substances évidemment nuisibles : tant il est vrai qu'une population condensée porte toujours en soi les germes de l'insalubrité (1).

---

(1) A Paris, en raison du milieu géologique qu'elle parcourt, l'eau rassemblée dans les puits n'est pas potable; on n'en boit pas; on n'en fait pas usage dans la préparation des aliments. D'après cela, on pourrait croire la population parfaitement à l'abri des inconvénients que l'usage de cette eau ne doit pas manquer de présenter. Ce serait là une erreur, car il est facile d'établir que chaque habitant prend tous les jours la totalité des substances dissoutes dans un certain volume d'eau de puits. D'abord, on sait que, dans l'intérieur des murs d'octroi, les *coupages* des gros vins et des liqueurs alcooliques ont lieu avec de l'eau de puits, et il est avéré que les boulangers n'en emploient pas d'autre dans la confection du pain.

Mille kilogrammes de farine, pour être panifiés, exigent pour les différents levains et la pâte, 617 litres d'eau. Comme rendement, on obtient 1373 kilogrammes de pain, renfermant nécessairement toutes les substances solubles des 617 litres d'eau.

Dans 1 kilogramme de pain, il y a donc tout ce qui se trouvait dans 45 centilitres d'eau de puits.

Voyons, à présent, ce que cette eau introduit de nitrates.

L'eau du puits de l'hôtel Scipion, la boulangerie des hospices, contient, par litre, l'équivalent de $0^{gr},31$ de nitrate de potasse ; c'est une des eaux les moins chargées de sels.

Un kilogramme de pain préparé avec cette eau en retiendra donc $0^{gr},14$.

Un kilogramme de pain obtenu avec l'eau du puits de la rue Saint-Landry renfermerait l'équivalent d'environ 1 gramme de nitrate de potasse.

A ces faibles doses, il est douteux que les nitrates soient malfai-

De ces recherches, il est, je crois, permis de conclure que, sous le rapport des principes fertilisants qu'elles apportent à la terre par l'irrigation ou par l'imbibition, les eaux qui circulent à la surface ou à une petite profondeur agissent bien plus par le salpêtre que par l'ammoniaque qui s'y trouve. Dans mon Mémoire sur l'ammoniaque des eaux, on verra que l'eau des rivières tient rarement au delà de $0^{gr},2$ d'alcali par mètre cube, et l'eau des sources moins encore. Or, on trouve dans un mètre cube des mêmes eaux l'équivalent de 6 à 7 grammes de nitrate de potasse, répondant, comme engrais azoté, à $1^{gr},10$ d'ammoniaque. Ces nombres sont au reste très-rapprochés de ceux que M. Bineau a déduits de ses études chimiques sur les eaux du bassin du Rhône.

---

sants, mais ce que leur présence dans le pain a de fâcheux, c'est qu'elle est l'indice de matières organiques provenant évidemment de sources suspectes, des eaux ménagères, par exemple, ou des infiltrations que laisseraient suinter les 60000 fosses d'aisances établies en contre-bas du sol. Qu'on n'oublie pas d'ailleurs que, chaque année, les crues de la Seine, les inondations souterraines, mettent en communication les assises inférieures du terrain avec les assises supérieures, là où sont les réceptacles d'immondices, et que les eaux, en lavant le sol, charrient, avec ce qu'elles entraînent, des sporules de cette végétation cryptogamique, de ces moisissures toujours nuisibles et d'autant plus à craindre, que leur organisme, si frêle en apparence, résiste néanmoins à la température que supporte le pain pendant la cuisson, comme l'a reconnu M. Payen, et plus récemment M. Poggiale.

Dans un Mémoire lu à l'Académie en 1852, j'ai déjà insisté sur le dégoût que les eaux de puits inspirent quand on sait, et personne ne l'ignore aujourd'hui, qu'elles sont employées dans la boulangerie. Si je suis bien informé, l'administration des hospices se met en mesure de procurer de l'eau de Seine à sa manutention de Scipion; c'est un bon exemple à imiter, car on ne comprend pas pourquoi, à Paris, on persiste à préparer le pain avec de l'eau sale.

5.

La constitution géologique d'une contrée a sans doute de l'influence sur la proportion de salpêtre dans les eaux. En général, dans les terrains calcaires, qu'ils appartiennent au trias, au terrain jurassique, au groupe crétacé ou aux dépôts supérieurs à la craie, l'eau des sources et des rivières tient plus de nitrates en dissolution que celle qui a été en contact avec les roches arénacées.

Les granits riches en feldspath sembleraient favoriser la nitrification, tout autant que les calcaires. Ainsi, dans un puits foncé dans un sol granitique, le puits de Fontasse, près Castres, une eau très-potable contenait, le 13 juin 1857, par mètre cube, l'équivalent de 204 grammes de nitrate de potasse.

Si dans les sources et dans les rivières il y a généralement plus de nitrates que d'ammoniaque, le contraire semble avoir lieu dans la pluie, dans la neige et dans la rosée.

Des expériences, sur lesquelles je reviendrai, établissent que des eaux météoriques, recueillies à une grande distance des lieux habités, ont à peu près, en moyenne, 1 milligramme d'ammoniaque par litre, et elles autorisent à croire que la pluie, lorsqu'elle tombe au milieu des champs, dans la proximité de forêts étendues, renferme bien moins d'acide nitrique que d'ammoniaque.

TERRES ET AMENDEMENTS.

DATES DES PRISES.		LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse par kilogramme de terre sèche.
			gr
1856.	9 août.	Potager du Liebfrauenberg (Bas-Rhin).	0,2110
	29 août.	Potager id.	0,0087
	10 octobre.	Potager id.	0,2980
1857.	2 août.	Potager id.	0,0041
	5 août.	Potager id.	0,0095
	13 août.	Potager id.	0,0820
	23 août.	Potager id.	0,0523
	24 octobre.	Potager id.	0,9511
1856.	4 septembre	Forêt de pins, sommet du Liebfrauenberg..........................	0,0004
1857.	2 juillet.	Forêt de pins, sommet du Liebfrauenberg..........................	0,0041
1856.	21 octobre.	Forêt de chênes de la Hardt (Bas-Rhin).	0,0006
	25 octobre.	Forêt de sapins, près Masseveaux (Haut-Rhin)...................	0,0014
	27 octobre.	Forêt de sapins, près Ferette (Haut-Rhin).......................	0,0000
	15 octobre.	Forêt de Fontainebleau...........	0,0017
	15 octobre.	Forêt de Fontainebleau, caverne....	0,0020
	15 août.	Forêt de Hatten, bords du Rhin, terre de bruyère......................	0,0087
1857.	12 août.	Forêt de Hatten, la même terre conservée depuis un an.............	0,3205
1857.	12 août.	Forêt d'Arcachon (Landes)..........	Traces.
1856.	6 septembre	Prairie, bords de la Saüer (Bas-Rhin).	0,0007
1857.	2 août.	Prairie, id.	0,0026
	26 octobre.	Prairie, id.	0,0034
1856.	24 octobre.	Pâturage dans les Vosges (Haut-Rhin).	0,0017
	27 octobre.	Pâturage, près Roedersdorff (Jura. — Haut-Rhin)....................	0,0064
	6 septembre	Vigne de Liebfrauenberg (Bas-Rhin).	0,0007
1857.	27 juillet.	Vigne id.	0,0034
1856.	6 septembre	Houblonnière, bords de la Saüer (Bas-Rhin)........................	0,0018

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr
1857. 28 juillet.	Houblonnière, bords de la Saüer, après une sécheresse....	0,6000
26 octobre.	Houblonnière, bords de la Saüer, après la pluie....................	0,0333
1856. 6 septembre	Champ de blé, bords de la Saüer ...	0,0011
17 septembre	Champ de betteraves, id.	0,0008
1857. 28 juillet.	Même terre, portant de l'avoine......	0,0053
1856. 6 septembre	Champ de trèfle, bords de la Saüer...	0,0011
1857. 28 juillet.	Champ de trèfle, id. ...	Traces.
1856. 21 septembre	Vigne de Lampertzloch (Bas-Rhin)..	0,0026
1857. 3 août.	Vigne id ..	Traces.
1856. 7 octobre.	Champ de topinambours. Merckwiller (Bas-Rhin).....................	0,0035
1857. 12 août.	Champ de topinambours. Merckwiller	0,0970
1856. 13 octobre.	Champ de maïs, à Hoerdt (Bas-Rhin).	0,0004
15 octobre.	Champ de topinambours, près Mulhouse (Haut-Rhin).............	»
25 octobre.	Champ de navets (Haut-Rhin).....	0,0022
27 octobre.	Champ de topinambours, à Roedersdorf (Haut-Rhin)...............	0,0005
30 octobre.	Champ de blé, près Reims (Marne)..	0,0060
30 octobre.	Champ marné en 1830, Louzouer (Loiret)........................	0,0009
Novembre.	Terre falunée dep. dix ans, près Tours	0,0072
Novembre.	Terre falunée dep. six ans, près Tours	0,0541
26 août.	Loam de la forêt du Liebfrauenberg..	Traces.
27 octobre.	Champ de tabac. Merckwiller (Bas-Rhin).........................	0,0272
26 octobre.	Champ de chanvre, bords de la Saüer (Bas-Rhin)..................	»
	Terre noire de Russie (Tchernosem).	0,0041
1856. 18 décembre.	Serre des bananiers. Jardin des Plantes	0,0509
18 décembre.	Serre du Grand Pavillon. Jardin des Plantes	0,4948

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrates de potasse par kilogramme de terre sèche.
30 décembre.	Serre chaude du Luxembourg, terre de bruyère......................	gr 0,1213
30 novembre.	Serre chaude du Luxembourg, terre forte...........................	0,1069
17 août.	Plâtras d'un vieux mur extérieur du Liebfrauenberg................	0,2950
1856. 30 octobre.	Marne de la Chaise (Loiret) fraîchement extraite..................	0,0038
30 octobre.	Marne de la Chaise, extraite depuis 1853..........................	0,0100
22 décembre.	Marne des carrières de Chaumont, près Paris.......................	0,0151
Novembre.	Faluns de la Touraine............	»
1857. 15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, galerie supérieure.....................	0,0094
1857. Janvier.	Craie des carrières de Meudon, seconde galerie...................	»
1857. 15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, troisième galerie..................	»
15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, galerie supérieure.....................	Traces.
1856. 15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, Montmartre, couche inférieure.....	0,1402
15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, inrieure du morceau...............	0,0082
15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, couche supérieure..................	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de Chaumont, couche inférieure...............	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de Chaumont, couche supérieure...............	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche supérieure...............	»

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrates de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr.
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche sous la carrière...........	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche sous la carrière...........	»
1857. Janvier.	Plâtre des carrières de Rixheim (Haut-Rhin), 2e qualité................	0,0005
2 janvier.	Plâtre des carrières de Rixheim, pur, 1re qualité......................	»

LACS ET ÉTANGS.

DATES DES PRISES.	DÉSIGNATION.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
1856. 24 août.	Étang de Soulzbach (Bas-Rhin).....	gr 0,0003
22 octobre.	Lac de Stern, au-dessus de la vallée de Masseveaux........................	0,0001
23 octobre.	Lac de Seven, vallée de Masseveaux (Haut-Rhin)........................	0,0008
1857. 7 novembre.	Lac de Seven, vallée de Masseveaux.	0,0008
6 novembre.	Lac du Ballon d'Alsace, près Guebwiller (Haut-Rhin)..............	0,0002

FLEUVES ET RIVIÈRES.

DATES DES PRISES.	DÉSIGNATION.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
		gr
1857. 24 octobre.	Soultzbach (Bas-Rhin).............	0,0006
1857. 27 octobre.	La Seltz, à Merckwiller............	0,0027
1857. 12 novembre.	Ill, à Mulhouse.....................	0,0016
1856. 18 août.	Rhin, à Lauterbourg...............	0,0011
21 octobre.	Rhin, canal d'Huningue............	0,0008
1858. 31 juillet.	Rhin, à Kehl......................	0,0010
1858. 11 novembre.	Rhin, à Bâle......................	0,0010
1856. 29 août.	Moder, à Haguenau................	0,0012
1857. 27 octobre.	Moder, à Haguenau................	0,0017
1856. 14 septembre.	Saüer, à la Kuhbrücke............	0,0004
1857. 21 octobre.	Saüer, à la Kuhbrücke............	0,0003
1856. 30 septembre.	Lauter, à Wissembourg............	0,0009
1856. 11 novembre.	Loing, à Montargis (Loiret)........	0,0036
4 octobre.	La Vesle, à Reims (Marne).........	0,0064
29 novembre.	Seine, au pont Notre-Dame.........	0,0040
9 décembre.	Seine, id.	0,0045
19 décembre.	Seine, id.	0,0048
29 décembre.	Seine, id.	0,0066
1857. 8 janvier.	Seine, id.	0,0058
18 janvier.	Seine, id.	0,0042
30 janvier.	Seine, id.	0,0037
7 février.	Seine, id.	0,0086
17 février.	Seine, id.	0,0059
13 décembre.	Seine, id.	0,0063
1858. 21 janvier.	Seine, id.	0,0075
1857. 14 décembre.	Marne, à Charenton................	0,0055
1856. 1er décembre.	Ourcq, au-dess. du bassin de la Villette	0,0113
1857. 11 février.	Ourcq, id. id.	0,0084
14 décembre.	Ourcq, id. id.	0,0061
1856. 1er décembre.	Bièvre, au pont aux Trippes........	0,0005
1857. 1er mars.	Gave, à Pau.......................	0,0013
1er mars.	Cascades de Tramesaigues, Pyrénées.	0,0004
14 mars.	Confluents du Ondenou, Cotatay, Vachéry (Loire)...............	0,0026
14 mars.	Furens, à la gorge de la Roche Taillée (Loire)..........................	0,0025
5 mars.	Vachéry (Loire)...................	0,0028
1857. 21 octobre.	Torrent, près des Lagonis (Sicile)....	0,0072

SOURCES.

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.
		gr.
1856. 18 septembre	Source du Liebfrauenberg (Bas-Rhin).	0,0002
1857. 23 octobre.	Source de Liebfrauenberg........	0,0004
1856. 15 août.	Source de l'Ebersbronn (Bas-Rhin)..	0,0101
1857. 12 août.	Source de l'Ebersbronn............	0,0211
1857. 28 octobre.	Source de l'Ebersbronn.........	0,0155
1857. 23 octobre.	Source de la Seltz (Bas-Rhin).	0,0003
11 septembre.	Source du château de Fleckenstein (Bas-Rhin).....................	Traces.
24 septembre.	Source alimentant Woerth-sur-Saüer (Bas-Rhin)......................	0,0100
22 octobre.	Source minérale de Bussang (Vosges).	0,0001
27 octobre.	Source de l'Ill, près Winckel (Haut-Rhin)........................	0,0040
27 octobre.	Source alimentant Ferette (H.-Rhin).	0,0015
28 octobre.	Source près de Dürmenach (H.-Rhin)	0,0014
28 octobre.	Source de Roppentzwiller (Haut-Rhin).	0,0065
15 décembre.	Source du But, à Montmartre.......	0,3303
1857. 19 janvier.	Source d'Arcueil, prise à l'Observatoire...........................	0,0500
5 mars.	Source du Martinet, usines Fourneyron (Loiret).....................	0,0215
5 mars.	Source des Trois-Meules, à Saint-Etienne (Loiret)................	0,0081
16 juin.	Source de Nîmes	0,0050
7 novembre.	Source alimentant Thann (Haut-Rhin).	0,0004
7 novembre.	Source du Boelacker, près Saint-Amarin (Haut-Rhin)	0,0007
1859. 5 septembre.	Source thermale de Baden..........	0,0006
1857. 31 mars.	Puits artésien de Grenelle..........	0,0003
1857. 14 décembre.	Puits artésien de Grenelle..........	0,0002
1858. 5 novembre.	Source thermale de Dax............	0,0005
1859.	Source de la Presle (Pyrénées-Orientales)	0,0005

PUITS DE PARIS.

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	EQUIVALENT à nitrate de potasse par litre d'eau.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
		gr	gr
1856. 24 novembre.	Rue du Pas-de-la-Mule, 6.....	0,6071	0,3242
4 décembre.	id.	0,7010	0,3743
14 décembre.	id.	0,5842	0,3019
24 décembre.	id.	0,6701	0,3578
17 décembre.	id.	0,9278	0,4954
24 novembre.	Rue Saint-Martin, 294........	0,2232	0,1192
24 novembre.	Rue Saint-George, 56	0,2380	0,1271
26 novembre.	Place Maubert, 22...........	0,2728	0,1457
novembre.	Rue des Noyers, 70...........	1,5000	0,8010
28 novembre.	Rue du Parc-Royal, 5........	0,6920	0,3695
novembre.	Rue des Vieilles-Etuves, 8...	0,4743	0,2533
29 novembre.	Rue Simon-le-Franc, 9.......	0,5089	0,2717
1er décembre.	Faubourg Saint-Honoré, 66...	0,6701	0,3578
décembre.	Rue de Sèvres, 10............	0,4742	0,2532
décembre.	Rue des Vinaigriers, 55.......	0,3093	0,1652
30 novembre.	Grande-Rue, 72............	1,2371	0,6506
1er décembre.	Rue Saint-Landry, 16........	2,0928	1,1175
décembre.	Rue Saint-Louis-en-l'Ile, 54...	0,7319	0,3908
décembre.	Rue des Petites-Ecuries, 51...	0,2577	0,1476
4 décembre.	Rue de Reuilly..............	0,4638	0,2477
13 décembre.	Passage d'Isly, 7, Belleville ...	0,2955	0,1578
décembre.	Rue de la Mare, 66, Belleville.	1,2680	0,6771
décembre.	Rue Levert, 14, Belleville.....	1,5464	0,8257
17 décembre.	Rue de la Boulangerie...	0,2689	0,1436
26 décembre.	Rue Traversine, 36..........	2,1649	1,1561
décembre.	Impasse Sainte-Marine, 5....	0,5155	0,2753
27 décembre.	Rue Guérin-Boisseau, 13.....	0,2062	0,1101
29 décembre.	Place Royale, 16............	0,5155	0,2753
31 décembre.	Rue de Glatigny, 5........ ...	0,7966	0,4254
1857. 3 janvier.	Rue du Fouarre, 14..........	1,0309	0,5505
22 janvier.	Rue Mouffetard, 132..........	0,2165	0,1156
19 janvier.	Rue Saint-Landry, 16........	2,2165	1,1836
25 janvier.	Place Royale...............	0,4124	0,2202
23 janvier.	Cimetière Montmartre........	1,5258	0,8148
23 janvier.	Cimetière Montparnasse......	0,1546	0,0825

SUR LA COMPOSITION

DE L'AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE,

Par MM. Boussingault et Léwy.

§ I. — Les matières organiques, quand elles sont soumises aux influences réunies de l'air, de l'humidité et d'une température convenable, donnent naissance à de l'acide carbonique, à de l'eau, et, si elles sont azotées, à de l'ammoniaque. Lorsqu'elles sont enfouies dans un sol suffisamment meuble, leur combustion est si manifeste, que, dans les pays chauds, il peut arriver, au bout de quelques années, qu'une terre défrichée riche en humus se trouve appauvrie au point de ne pouvoir donner des récoltes sans l'intervention des engrais. C'est que s'il est vrai que le terreau humide se conserve, en l'absence de l'air, sans subir d'altération, sans qu'il y ait la plus légère émission de gaz, il ne l'est pas moins que sa destruction s'opère rapidement lorsque l'oxygène intervient. Cette destruction, on la constate dans les terrains chargés d'humus, toutes les fois qu'on essaye de suppléer aux amendements par des labours profonds et répétés.

Ainsi le terreau et l'humus, derniers termes de la putréfaction des substances végétales, le fumier, sont

autant de sources qui émettent de l'acide carbonique, et il est hors de doute qu'une part importante de l'efficacité des engrais d'origine organique doit être attribuée à cette émission, soit que le gaz acide, absorbé par les racines, parcoure l'organisme de la plante, soit que, versé dans l'atmosphère environnante, la lumière le décompose sous l'influence des feuilles qui en assimilent le carbone. Il en résulte que l'air fixé dans la terre est d'autant plus profondément modifié dans sa constitution, que c'est en grande partie aux dépens de son oxygène qu'est formé le gaz acide carbonique.

Que l'air confiné dans les interstices laissés par les particules du sol n'ait plus exactement la composition de l'air normal, c'est ce qu'on admettra sans la moindre difficulté; on prévoit aussi dans quel sens l'altération doit avoir lieu; mais, à notre connaissance, on ne possède pas encore une notion tant soit peu précise sur ce qu'on pourrait appeler l'*intensité* de l'altération : à en juger d'après la facilité avec laquelle on suppose que s'exerce la diffusion des gaz dans une terre ameublie, on serait disposé à croire qu'elle est peu considérable. Aussi, toutes les fois qu'on a essayé d'évaluer la quantité de carbone qu'une surface de culture prélève sur un volume donné de l'atmosphère on a négligé de tenir compte de l'acide carbonique émanant du sol, et l'on a pris pour base unique de ces évaluations, toujours hasardées, la très-minime proportion de ce gaz contenue dans l'air.

L'utilité, dans le fumier, des principes carburés propres à être modifiés en humus, en acides bruns, qu'une combustion lente détruit ensuite, est si évi-

dente, qu'aujourd'hui un cultivateur exercé regarderait comme incomplet l'engrais qui en serait dépourvu. On peut donc concevoir chaque particule de fumier, d'humus, de terreau, comme un foyer d'où émane constamment du gaz acide carbonique, émanation bien faible, mais assez continue pour modifier la composition de l'air atmosphérique dont le sol est imprégné. C'est dans cette atmosphère souterraine que se développent et vivent les racines, et ces recherches établiront qu'elles y trouvent, en proportion notable, des principes assimilables qu'on ne rencontre qu'en infiniment petites quantités dans les deux véhicules les plus essentiels à la végétation : l'eau et l'air.

Il nous a semblé que, dans l'état actuel de la science agricole, l'examen attentif de l'air confiné dans la terre végétale ne pouvait manquer d'offrir un certain degré d'intérêt.

§ II. — Les procédés très-simples à l'aide desquels on se procure l'air confiné des lieux habités, des mines, des fosses, etc., n'étaient pas applicables dans la circonstance actuelle. On ne pouvait pas davantage déplacer l'air en faisant passer de la terre sous une cloche renversée et remplie d'eau. D'abord, le gaz que nous tenions surtout à doser avec une grande exactitude est soluble; ensuite, il devenait évident qu'en remuant la terre sans aucun ménagement, on substituerait de l'air extérieur à l'air stagnant dont l'examen était précisément le but de nos recherches.

La condition à laquelle il fallait satisfaire autant que possible, s'il n'était pas donné de la remplir entièrement, c'était d'aspirer l'air confiné avec une ex-

trême lenteur, afin qu'il n'y ait, pour ainsi dire, pas d'appel de l'air extérieur. Nous décrirons maintenant l'appareil que nous avons employé (*fig.* 1, *Pl. II*) pour doser directement l'acide carbonique, en même temps que l'on recueillait l'air confiné par une aspiration tellement modérée, que l'air du dehors, si tant est qu'il soit intervenu, n'en a probablement pas plus affecté la composition que l'effet produit par la diffusion des gaz; car on est bien obligé de reconnaître qu'à la surface d'un champ labouré il s'opère un échange continuel entre l'atmosphère souterraine et l'amosphère extérieure.

On prend l'air à 30 ou 40 centimètres de profondeur, suivant l'épaisseur de la terre végétale, au moyen d'un tube *b*, à l'extrémité duquel s'adapte une pomme d'arrosoir *c*, remplie de petits cailloux roulés de quartz pour en diminuer la capacité. Ce tube, ayant son robinet R fermé, est enterré vingt-quatre heures au moins avant de commencer une expérience, afin de laisser à l'air extérieur introduit en creusant l'emplacement occupé par le tube, le temps de se mêler à l'air confiné. La terre est fortement tassée et accumulée en forme de butte autour de l'axe du tube. A la suite du robinet R, on ajuste le petit ballon à robinet *d* dans lequel on a fait le vide. Viennent ensuite les éprouvettes E, E', contenant de l'eau de baryte. F est un tube à ponce alcaline destiné à arrêter l'acide carbonique que laisserait échapper l'eau de l'aspirateur A. Comme aspirateur, nous avons fait usage de flacons et de ballons en verre d'une capacité qui a varié de 10 à 60 litres. Au robinet R''' par où s'écoule l'eau dont la sortie détermine l'aspiration, est

lié un tube *g* effilé de manière à obtenir un écoulement très-lent. Cet écoulement, ou, si l'on veut, la vitesse avec laquelle l'air puisé dans le sol arrive dans l'appareil, n'a jamais atteint 1 litre par heure.

L'appareil étant monté, on ouvre successivement les robinets R, R′, R″, puis on règle l'écoulement par le tube *g* au moyen du robinet R‴. L'air parvenu dans l'aspirateur laisse ordinairement la totalité de son acide carbonique combiné à la baryte dans l'éprouvette E; il est très-rare que la dissolution E′ soit troublée. Un fait qui nous a singulièrement surpris, c'est l'extrême facilité avec laquelle une mince pellicule de carbonate formée à la surface de l'eau de baryte, dans le tube conducteur *i*, arrête l'écoulement de l'aspirateur; cet obstacle, si fragile en apparence, est tel, qu'on ne parvient pas toujours à le détruire en exerçant une forte succion en *g*; mais il suffit d'imprimer une légère secousse à l'éprouvette pour dégager le tube conducteur.

Pour terminer une expérience, on ferme le ballon *d* qui renferme alors de l'air provenant de la terre végétale. Quant à l'air parvenu dans l'aspirateur et dont l'acide carbonique a été retenu dans la baryte, il y a, pour connaître la pression sous laquelle il se trouve, deux cas à considérer. Si l'aspirateur ne contient plus d'eau, il est clair que la pression de l'air qu'il renferme est égale à celle de l'atmosphère diminuée de la pression exercée par les colonnes de liquide *i*, *i′*, *i″*, *i‴*, et de la colonne de mercure qui exprime la tension de la vapeur aqueuse, l'air du flacon A étant saturé d'humidité. Si, au contraire, l'écoulement n'a été que partiel, si, par exemple, l'air privé d'acide

carbonique n'occupe dans l'aspirateur que la zone a, a', il est évident qu'il faut alors, pour avoir la pression, non-seulement retrancher de la hauteur barométrique les pressions que nous venons d'indiquer, mais encore celle que représente la colonne d'eau comprise entre a' et a''. Un thermomètre t suspendu dans l'intérieur de l'aspirateur donne la température; mais il est bon d'en avoir un autre au dehors, parce qu'il arrive quelquefois qu'il est impossible de lire les degrés du thermomètre placé à l'intérieur par suite d'une rosée qui se dépose sur les parois internes du flacon A.

Le carbonate de baryte dosant l'acide carbonique de l'air confiné passé dans l'aspirateur est reçu sur un filtre où on le lave avec de l'eau saturée du même carbonate jusqu'à ce que cette eau ne fasse plus virer au bleu le papier de tournesol rougi. Le carbonate de baryte détaché du filtre, après dessiccation, est calciné au rouge avant d'être pesé. Le filtre, dont on connaît le poids des cendres, est brûlé.

§ III. — L'air confiné recueilli dans le petit ballon d est analysé en faisant réagir d'abord une dissolution de potasse pour fixer l'acide carbonique, puis en faisant intervenir ensuite l'acide pyrogallique, afin d'absorber l'oxygène. Pour faire passer l'air du ballon dans le tube gradué où doivent s'effectuer les réactions, on adapte au robinet R″ un petit tube courbe dont une extrémité s'engage sous le tube plein de mercure (*fig.* 2, *Pl. II.*) En chauffant le ballon, une partie de l'air qu'il contient se rend dans le tube par un effet de dilatation; il est presque inutile d'ajouter qu'il faut commencer par laisser perdre un peu

de gaz, afin d'expulser l'air du tube conducteur.

§ IV. — La nature de notre travail nous obligeait, naturellement, à rechercher l'ammoniaque dans l'air confiné de la terre végétale. Afin de fixer cet alcali, on substitue au système établi entre le tube *b*, qui va chercher l'air dans le sol, et le tube *k*, uni à l'aspirateur, une éprouvette en tout semblable à celle représentée en E′, dans laquelle se trouve une dissolution d'acide chlorhydrique dans de l'eau exempte d'ammoniaque, préparée au moment même de commencer une expérience. Après avoir fait traverser, très-lentement, au moins 60 litres d'air confiné dans la liqueur acide, on l'évaporait à l'étuve. Dans deux circonstances mentionnées dans ce Mémoire, le sel ammoniac obtenu a pu être pesé; mais dans la plupart des cas nous n'avons eu que des traces de ce sel, traces suffisantes cependant pour établir la présence constante de vapeurs ammoniacales dans l'air extrait du sol.

§ V. — Dans le calcul des résultats fournis par nos expériences, nous avons fait usage des données suivantes :

Coefficient de dilatation des gaz.............	0,00366
Densité du mercure.........................	13,6
Acide carbonique dans le carbonate de baryte...	0,2241
Poids du litre d'air à 0 degré et pression $0^m,76$.	$1^{gr},299$
Poids du litre d'ac. carbon. à 0° et press. $0^m,76$.	$1^{gr},980$

§ VI. — AIR CONFINÉ DANS UN SOL RÉCEMMENT FUMÉ.

EXPÉRIENCE N° 1.

Un sol léger sablonneux provenant de la désagrégation du grès bigarré (*bunder sandstein*), dans lequel on avait récolté des pommes de terre, a été amendé,

le 2 septembre, avec du fumier à demi consommé, à raison de 600 quintaux par hectare. Six jours après, le 7 septembre, on a monté l'appareil au milieu du champ. Le tube pour puiser l'air était posé à 35 centimètres de profondeur, dans un endroit où l'épaisseur de la couche arable a 40 centimètres. La terre se trouvait dans de bonnes conditions d'humidité; cependant il n'avait pas plu depuis environ trois semaines. L'expérience a été mise en train à midi; l'eau de baryte de l'éprouvette s'est bientôt troublée. A 5 heures, le précipité était assez abondant pour qu'on arrêtât l'aspiration.

	En volume.	En poids.
	lit	gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1).......	5,232	6,7964
Carbonate de baryte obtenu, $1^{gr},024 = CO^2$.	0,116	0,2295
	5,348	7,0259
Dans 100 parties d'air confiné CO^2........	2,17	3,17

EXPÉRIENCE N° 2.

A 6 heures du soir, comme il commençait à pleuvoir, on entreprit, à la même place, un nouveau dosage d'acide carbonique. L'aspirateur a coulé goutte à goutte pendant toute la nuit. La pluie avait cessé à 10 heures du soir. Le 8 septembre, à 6 heures du matin, il y a eu pour résultats :

---

(1) *Expér.* n° 1. — Air mesuré, $6^{l},040$. Température, 15 degrés.

Baromètre......		743,0
Colonne de liquide soulevée dans les éprouvettes $i\,i'$, $i''\,i'''$, en mercure.	mm 11,8	
Colonne d'eau $a'\,a''$..............	23,9	
Tension de la vapeur t............	12,8	48,5
Pression........		694,5

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à o degré, pression $0^m,76$ (1)......	10,042	13,0446
Carbonate de baryte $2^{gr},043 = CO^2$....	0,231	0,4578
	10,283	13,5024
Dans 100 parties d'air..............	2,25	3,39

EXPÉRIENCE N° 8 (2).

Elle a été faite à la même place, le 11 septembre. Dans les trois derniers jours, les pluies avaient été très-fréquentes. La terre se trouvait fortement mouillée, mais sa nature sablonneuse ne permettait pas à l'eau de former des flaques. Dès le passage des premières bulles d'air dans l'éprouvette E, on fut frappé de l'abondance du précipité, et bientôt cette abondance fut telle, qu'il devint nécessaire de terminer l'expérience. L'aspiration, commencée à midi, a cessé à $3^h\ 30^m$:

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à o degré, et pression $0^m,76$ (3).....	2,613	3,3940
Carbonate de baryte, $2^{gr},493$ = ac. carbon.	0,282	0,5587
	2,895	3,9529
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	9,74	14,13

---

(1) *Expér.* n° 2. — Air mesuré, $11^l,529$. Température, 15 degrés.

	mm	
Baromètre......		743,0
Colonne I..........................	12,5	
Colonne $a'\ a''$..........................	20,0	
Tension de la vapeur t............	12,8	45,3
Pression........		697,7

(2) Les numéros d'ordre des expériences répondent à leur inscription sur le registre du laboratoire.

(3) *Expér.* n° 8. — Air mesuré, $3^l,089$. Température, 18 degrés.

	mm	
Baromètre......		738,0
Colonne I..........................	11,0	
Colonne $a'\ a''$..........................	26,5	
Tension de la vapeur t,............	15,3	52,8
Pression........		685,2

On voit que depuis la dernière observation, la proportion de l'acide carbonique a beaucoup augmenté sans qu'il soit possible de décider si cette augmentation est due à l'abondance de la pluie ou au plus long séjour du fumier dans le sol. C'est cette forte quantité d'acide carbonique que nous venions de constater dans l'air confiné de la terre végétale, qui nous a portés à doser l'oxygène afin de rechercher s'il n'existerait pas une certaine relation dans les proportions de ces deux gaz.

Nous avons trouvé, dans 100 volumes d'air confiné:

Oxygène	11,47 (1)
Azote..................	88,53

Or, puisqu'il contenait, sur 100 volumes, 9,74 d'acide carbonique, on a pour sa composition :

Acide carbonique. .	9,74	20,60
Oxygène.........	10,35	
Azote	79,91	
	100,00	

Rappelons ici que dans l'air atmosphérique, dont l'action sur le sol est incontestable, il entre 20,9 pour 100 d'oxygène. Maintenant la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique contenus dans 100 parties d'air confiné de la terre végétale, sera nécessairement ou égale, ou supérieure, ou inférieure à 20,9. Si cette somme est égale, il y aura d'assez fortes raisons pour croire que l'oxygène de l'atmosphère a brûlé seule-

(1)

Air privé d'acide carbonique.....	61
Après absorption d'oxygène......	54
Oxygène.........................	7

ment le carbone de l'humus de la matière organique disséminée dans le terrain; si elle est supérieure, on pourra soutenir que la matière organique a émis, par le fait de la fermentation putride, assez d'acide carbonique pour compenser et même pour dissimuler les effets dus à une combustion lente; enfin, si la somme de l'oxygène et de carbone ne représente pas 20,9, on sera autorisé à penser que de l'hydrogène de la matière organique a brûlé en même temps que le carbone. Ce dernier cas, que nous a révélé le dosage de l'oxygène dans l'expérience n° 8, est celui qui se présente le plus ordinairement.

EXPÉRIENCE N° 14.

Commencée le 18 septembre, à 6 heures du soir, dans le même champ, mais 2 mètres plus loin que dans les expériences précédentes, le tube *bc* étant toujours enfoncé à 35 centimètres de profondeur. Il y avait alors plus de deux semaines que le fumier était enfoui. Il pleuvait fréquemment depuis plusieurs jours. L'appareil a fonctionné jusqu'à 7 heures du matin; il y a eu quelques interruptions dans l'écoulement de l'aspirateur.

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1)......	2,601	3,3787
Carbonate de baryte, $1^{gr},939$ = ac. carbon.	0,219	0,4345
	2,820	3,8132
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	7,77	11,39

(1) *Expér.* n° 14. — Air mesuré, $3^{l},05$. Température, $15^{o},5$.

Baromètre.....		733,2
	mm	
Colonne I.....................	10,7	
Colonne *a' a''*..................	24,2	
Tension de la vapeur *t*..........	13,2	48,2
Pression.......		685,0

L'air du ballon *d* a donné :

Acide carbonique	8,03 (1)
Oxygène	12,33
Azote	79,64
	100,00

Soit 13,41 d'oxygène pour 100 d'air confiné privé d'acide carbonique. Établissant la composition en prenant l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique	7,77	20,14
Oxygène	12,37	
Azote	79,86	
	100,00	

Résultat, en ce qui concerne la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique, entièrement conforme à celui obtenu dans l'expérience n° 8.

RECHERCHE DE L'AMMONIAQUE.

EXPÉRIENCE N° 4.

Le 4 septembre, dans le champ récemment fumé, l'appareil avait été disposé pour doser l'ammoniaque que l'air confiné de la terre végétale contient certainement à l'état de carbonate. L'aspirateur a été vidé le 6, à 4 heures du soir. Le sol se trouvait suffisamment humide, les labours s'exécutaient bien et sans grands efforts de la part des attelages. La liqueur

(1)

Air	72,5	89,8
CO^2 étant absorbé	66,75	82,5
CO^2	5,75	7,3
Oxygène étant absorbé	57,75	71,5
Oxygène	9,0	11,0

acide évaporée au bain-marie, dans une capsule de platine, a laissé $0^{gr},007$ d'un résidu cristallin ayant toutes les propriétés du sel ammoniac, et dans lequel devait se trouver $0^{gr},00224$ d'ammoniaque.

Voici le résultat de l'expérience :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, press. $0^{m},76$ (1)..	54,600	70,92540
Ammoniaque............		0,00224 = 0,000032
		70,92764

EXPÉRIENCE N° 4 BIS.

On a essayé de doser de nouveau l'ammoniaque dans le même champ et à la même place, le 9 septembre. L'appareil a fonctionné jusqu'au 11. La pluie avait fortement imbibé la terre.

La liqueur acide a laissé $0^{gr},003$ de sel ammoniac renfermant $0^{gr},000961$ d'alcali :

	En volume. lit	En poids. gr
Air jaugé à 0°, press. $0^{m},76$ (2)	56,059	72,82064
Ammoniaque............		0,00096 = 0,0000132
		72,82160

(1) *Expér.* n° 4. — Air mesuré, $59^{l},70$. Température, 13°,5.

Baromètre......		744,0
	mm	
Colonne I....................	2,9	
Tension de la vapeur *t*.........	11,7	14,6
Pression........		729,4

(2) *Expér.* n° 4 *bis*. — Air mesuré, $61^{l},50$. Température, 13 degrés.

Baromètre......		740,0
	mm	
Colonne I....................	2,9	
Tension de la vapeur *t*.........	11,4	14,3
Pression........		725,7

Il paraîtrait qu'une plus forte humectation du sol, ce qui serait, au reste, fort naturel, a fait baisser la proportion de carbonate d'ammoniaque. Bien que les aspirations de l'air confiné aient eu lieu avec une grande lenteur, nous sommes loin de considérer, dans son ensemble, la méthode que nous avons suivie, comme donnant des résultats satisfaisants; mais notre but était plutôt de prouver la présence des vapeurs ammoniacales que de les doser rigoureusement. L'air confiné dans la terre récemment fumée ne contenait pas d'acide sulfhydrique (hydrogène sulfuré); nous l'avons constaté, voici à quelle occasion. Lorsque nous commençâmes ces recherches, nous fîmes usage du sous-acétate de plomb pour doser l'acide carbonique; l'extrême sensibilité de ce réactif justifiait ce choix, mais nous apprîmes bientôt, à notre grande surprise, nous pourrions même dire à nos dépens, car il y eut bien du temps perdu, que la dissolution de sous-acétate, excellente pour découvrir des traces d'acide carbonique, ne convenait aucunement pour doser cet acide. En effet, à peine un léger précipité était-il apparu dans l'éprouvette E, que la dissolution commençait à se troubler, non-seulement dans l'éprouvette E′, mais bientôt aussi dans une troisième éprouvette placée à sa suite, et il arrivait que, malgré la lenteur du passage de l'air à travers le sous-acétate dissous, on perdait plus des deux tiers de l'acide carbonique qu'on aurait dû retenir, et qu'on a retenu en substituant l'eau de baryte au sel de plomb. Toutefois, comme le carbonate de plomb, formé par l'acide carbonique provenant du sol fumé, était d'un blanc parfait; que les dissolutions

n'ont pas pris cette teinte sale que leur eût communiquée la plus petite quantité de sulfure métallique, nous en avons conclu qu'il n'y avait pas trace d'acide sulfhydrique dans l'air confiné que nous avons examiné.

§ VII. — Air confiné dans un champ de carottes.

Expérience n° 3.

Le champ, de même nature que celui dans lequel ont été faites les expériences précédentes, avait été fumé en octobre 1851 ; on l'a ensemencé au printemps de 1852. L'appareil, monté le 9 septembre, après une forte pluie, a fonctionné depuis midi jusqu'au lendemain à 6 heures du matin. Dans la nuit du 9 au 10, il a plu beaucoup ; le tube *bc* prenait l'air à 35 centimètres de profondeur :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).....	15,521	20,1614
Carbonate de baryte, $1^{gr},419$ = ac. carb.	0,161	0,3180
	15,682	20,4794
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	1,03	1,55

Expérience n° 15.

Le 19 septembre, dans la même sole de carottes,

---

(1) *Expér.* n° 3. — Air mesuré, $17^l,790$. Température, $15°,1$.

	mm	
Baromètre.....		740,0
Colonne I....................	11,0	
Colonne *a' a''*..................	16,5	
Tension de la vapeur *t*.........	12,8	40,3
Pression.......		699,7

on a posé le tube *bc* à quelque distance du point qu'il occupait dans l'expérience n° 3, mais toujours à 35 centimètres de profondeur. La terre était très-humide :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression 0m,76 (1)......	9,018	11,7150
Carbonate de baryte, 0gr,754 = ac. carb.	0,085	0,1690
	9,103	11,8840
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,93	1,42

L'analyse de l'air recueilli dans le ballon *d* a donné (2) :

	I.	II.	Moy.	Sans ac. carbon.
Acide carbonique...	0,89	1,27	1,08	»
Oxygène..	19,56	19,37	19,46	19,68
Azote..........	»	»	79,46	80,32
			100,00	100,00

Calculant la composition de l'air confiné en prenant l'acide carbonique dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique......	0,93	20,43
Oxygène.............	19,50	
Azote...............	79,57	
	100,00	

(1) *Expér.* n° 15. — Air mesuré, 10l,45. Température, 16°,5.

Baromètre......		740,0
	mm	
Colonne I....................	10,7	
Colonne *a' a''*................	19,8	
Tension de la vapeur *t*.........	14,0	44,5
Pression........		695,5

(2)

	I.	II.
Air..........................	78,2	79,0
	77,5	78,0
CO^2........................	0,7	1,0
	62,2	62,7
Oxygène.....................	15,3	15,3

On voit encore ici que la somme de l'acide carbonique et de l'oxygène ne représente pas 20,9.

Recherche de l'ammoniaque. — La liqueur acide dans laquelle $59^{lit},70$ d'air confiné avaient passé en soixante-cinq heures, n'a laissé qu'une trace de sel ammoniac.

§ VIII. — Air confiné dans la terre végétale d'une vigne.

Expérience n° 5.

Le 9 septembre, un appareil a été installé dans la vigne du Liebfrauenberg, dont le sol est extrêmement sablonneux. La pièce où le tube *bc* a été mis, à 33 centimètres de profondeur, n'avait pas reçu de fumier depuis trois ans, cependant les ceps portaient une récolte moyenne. La terre était très-humide. L'aspirateur a coulé depuis 6 heures du matin jusqu'au lendemain 7 heures du matin :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1).......	7,837	10,1803
Carbonate de baryte, $0^{gr},597$ = acide carb.	0,068	0,1338
	7,905	10,3141
Dans 100 parties d'air, acide carbonique .	0,86	1,22

(1) *Expér.* n° 5. — Air mesuré, $9^{l},075$. Température, $15^{o},2$.

Baromètre.....		740,0
	mm	
Colonne I.....................	11,0	
Colonne a' a''.................	23,2	
Tension de la vapeur t.........	13,0	47,2
Pression.......		692,8

EXPÉRIENCE N° 6.

Le 10 septembre, on a fait une seconde observation dans la vigne. L'aspiration a duré depuis 10 heures du matin jusqu'à 8 heures du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).......	6,843	8,8891
Carbonate de baryte, $0^{gr},647$ = acide carb.	0,073	0,1450
	6,916	9,0341
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	1,06	1,61

L'air qui remplissait le ballon *d* a donné à l'analyse (2), après qu'on lui eut enlevé l'acide carbonique :

Oxygène..................	19,93
Azote....................	80,07

Calculant la composition de l'air confiné en faisant intervenir l'acide carbonique dosé par la baryte, on a en volume :

Acide carbonique....	1,06	20,78
Oxygène..........	19,72	
Azote............	79,22	
	10,000	

(1) *Expér.* n° 6. — Air mesuré, $7^l,825$. Température, 13 degrés.

Baromètre......		740,0
	mm	
Colonne I......................	9,2	
Colonne *a' a''*................	23,2	
Tension de la vapeur *t*........	11,4	43,8
Pression.......		696,2

(2) Air privé d'acide carbonique..... 219,8

	176,0
O^2............................	43,8

Le volume de l'acide et de l'oxygène réunis ne diffère que très-peu du volume de l'oxygène contenu dans l'air normal; toutefois on remarquera qu'il est moindre.

RECHERCHE DE L'AMMONIAQUE.

EXPÉRIENCE N° 9.

Du 12 au 15 septembre, on a fait passer, dans un appareil disposé à cet effet, en soixante-neuf heures, $56^{lit},10$ d'air pris dans la terre végétale de la vigne; la température était de 16 degrés, le baromètre indiquait $738^{mm},0$. La liqueur acide n'a laissé qu'une trace de sel. C'est la dernière fois que nous mentionnerons la recherche de l'ammoniaque. En agissant sur 60 et même sur 120 litres d'air pris dans le sol, on constate bien la présence de cet alcali, mais la quantité de sel obtenu ne permet pas de doser.

§ IX. — Dosage de l'acide carbonique contenu dans l'air atmosphérique.

EXPÉRIENCE N° 7.

La quantité moyenne d'acide carbonique que renferme l'atmosphère est fixée par de nombreuses observations faites dans diverses régions du globe, à 4 parties pour 10000 parties d'air, en volume. Nous avons cru devoir doser l'acide carbonique de l'atmosphère, non pas pour apporter de nouvelles données à celles que l'on possèdait déjà, mais simplement pour contrôler les résultats que nous obtenions avec nos appareils.

Le 10 septembre, à 10 heures du matin, l'appareil

étant établi dans le champ de carottes où avaient été faites les expériences n° 3 et n° 15, on a ouvert l'aspirateur. L'air était pris par un tube effilé, à 2 mètres au-dessus du sol. L'écoulement a duré jusqu'au 12 septembre, à 8 heures du soir. Dans ces cinquante-huit heures on a :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1).....	55,469	72,0542
Carbonate de baryte, $0^{gr},121$ = ac. carb.	0,014	0,0271
	55,483	72,0813
Dans 10000 parties d'air..............	2,5	3,7

En septembre et octobre de l'année 1843, par un temps pluvieux, nous avons trouvé dans l'air de Paris et d'Andilly, près Montmorency, en volume, de 2,9 à 4 d'acide dans 10000 parties d'air (2).

EXPÉRIENCE N° 19.

Il était curieux d'examiner si l'air pris, non plus à 2 mètres de hauteur au-dessus du champ, mais à la surface même du sol, contiendrait plus d'acide carbonique, l'analyse ayant constaté 1 pour 100 de cet acide dans l'air confiné dans la terre de la sole de carottes.

Du 22 au 26 septembre, on a fait passer dans l'eau de baryte :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (3)...	111,619	144,9931
Carbonate de baryte, $0^{gr},236$=ac.carb.	0,027	0,0529
	111,646	145,0460
Dans 10000 parties d'air, acide carbon.	2,4	3,6

(1) Air mesuré, $59^{l},70$. Tempér. $13^{o},1$. Barom. $740^{mm},0$.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. X, p. 470.
(3) Air mesuré, $119^{l},40$. Tempér. $13^{o},2$. Barom. $744^{mm},8$.

L'air pris à la surface ne renfermait donc pas plus d'acide carbonique que celui puisé à 2 mètres au-dessus du sol. Nous devons cependant consigner ici cette circonstance, que pendant toute la durée de l'aspiration, le vent a été très-fort.

§ X. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE D'UNE FORÊT.

EXPÉRIENCE N° 11.

La forêt de Gœrsdorff, où nous avons placé un appareil, est sur le grès des Vosges; le sol est sablonneux et très-abondant en blocs de grès de toute dimension. Nous avons observé, à quelque distance de l'ancien monastère du Liebfrauenberg; en ce point le sous-sol consiste en un loam de plusieurs mètres de puissance. L'expérience a été commencée le 14 septembre, par un temps pluvieux, on l'a continuée jusqu'au 15, à 10 heures du matin. L'air était puisé à 35 centimètres de profondeur :

	En volume. lit	En poids. gr.
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).... .	7,733	10,0452
Carbonate de baryte, $0^{gr},577$ = acide carb.	0,065	0,1293
	7,798	10,1745
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,83	1,27

(1) *Expér.* n° 11. — Air mesuré, $8^l,70$. Température, 16 degrés.

Baromètre......		739,7
	mm	
Colonne I....................	11,0	
Colonne a' a''..................	0,0	
Tension de la vapeur t.........	13,6	24,6
Pression........		715,1

EXPÉRIENCE N° 12.

Le 16 septembre, à 3 heures de l'après-midi, on a commencé un second dosage; le 17, à 7 heures du matin, on a eu :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)......	7,877	10,2322
Carbonate de baryte, $0^{gr},613$ = acide carb.	0,069	0,1374
	7,946	10,3696
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,87	1,32

L'air du ballon *d* a fourni à l'analyse (2) :

		Air privé d'acide carbon.
Acide carbonique.....	0,92	»
Oxygène............	19,59	19,77
Azote..............	79,49	80,23
	100,00	100,00

Introduisant l'acide carbonique dosé par la baryte (expérience n° 12), on a pour la composition, en volume, de l'air confiné dans la terre végétale de la vigne :

(1) *Expér.* n° 12. — Air mesuré, $8^l,70$. Température, 12 degrés.

Baromètre.....		740,0
	mm	
Colonne I....................	11,0	
Colonne a' a''.................	0	
Tension de la vapeur t.........	10,7	21,7
Pression........		718,3

(2)

Air.............	86,8
	86,0
CO^2...........	0,8
	69,0
	17,8
Oxygène........	17,0

Acide carbonique.	0,87	20,48
Oxygène.	19,61	
Azote	79,52	
	100,00	

EXPÉRIENCE N° 16.

Le loam, sous-sol de la forêt, est un mélange de sable et d'argile; aussi l'utilise-t-on dans les constructions, suivant la nature de l'élément qui y domine. Le 21 septembre, nous avons établi un de nos appareils sur un talus formé au pied d'un escarpement de loam délité qu'on exploite comme terre à four. Le tube *bc* prenait l'air à 35 centimètres; comme toujours, on l'avait enfoui la veille.

De 8 heures du matin à 6 heures du soir, par un assez beau temps, le vent soufflant avec force, on a jaugé :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1). .	7,169	9,3125
Carbonate de baryte, $0^{gr},504$.	0,057	0,1129
	7,226	9,4254
Dans 100 parties d'air, acide carbonique. . .	0,79	1,20

c'est-à-dire, à très-peu près, autant que dans l'air de la terre végétale supportée par le loam. Dans l'air

(1) *Expér.* n° 16. — Air mesuré, $7^{l},900$. Température, $12^{o},2$.

	mm	
Baromètre.		742,0
Colonne I.	9,9	
Colonne a' a''.	0,8	
Tension de la vapeur t	10,8	21,5
Pression.		720,5

du ballon *d*, l'analyse eudiométrique a indiqué (1) :

		Air privé d'ac. carb.
Acide carbonique....	1,00	»
Oxygène...........	19,63	19,82
Azote.............	79,37	80,18
	100,00	100,00

En prenant l'acide carbonique dosé par la baryte :

Acide carbonique......	0,79	20,45
Oxygène.............	19,66	
Azote...............	79,55	
	100,00	

EXPÉRIENCE N° 29.

Le loam sur lequel l'expérience n° 16 avait été faite se présentait en talus disposé au bas d'un escarpement, formant ainsi un sol meuble où se trouvaient mêlés du sable amené par les pluies et de la terre végétale de la forêt provenant d'éboulements. Il convenait de faire une nouvelle observation en puisant l'air dans le loam en place. A cet effet, on a pratiqué une excavation à l'aide d'une pioche, car le dépôt est assez fortement comprimé pour résister à l'action de la pelle. Le tube *bc* a été fixé dans l'excavation qu'on a remplie avec les déblais. La pomme d'arrosoir se trouvait enfouie à 40 centimètres. Le 4 octobre, le temps étant

(1)

Air..............	80,0
	79,2
CO^2...............	0,8
	63,5
	16,5
Oxygène............	15,7

très-beau, l'appareil a commencé à fonctionner à 7 heures du matin. A $3^h\ 30^m$ de l'après-midi, on avait fait passer dans l'eau de baryte :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à o degré, pression $0^m,76$ (1).......	3,986	5,1778
Carbonate de baryte, $0^{gr},427$ = ac. carbon.	0,048	0,0957
	4,034	5,2735
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	1,19	1,81

EXPÉRIENCE N° 31.

Cependant il restait un scrupule sur le résultat de l'expérience précédente, par la raison que l'excavation où se trouvait la prise d'air avait été comblée avec des déblais qui étaient restés en contact avec la terre végétale.

Afin d'éviter l'influence que pouvait avoir la terre de la forêt, on creusa, à l'aide d'un fleuret de mineur, un trou de 45 centimètres de profondeur, à $1^m,4$ au-dessous du sol végétal. Puis, après avoir introduit un tube de plomb ayant un diamètre intérieur de 1 millimètre, on bourra le trou avec des débris de loam. L'appareil fut adapté au tube de plomb.

Le 24 octobre, à midi, le tube étant placé dans le loam depuis dix-huit heures, on aspira avec une extrême lenteur. Le lendemain 25, on avait mesuré :

---

(1) *Expér.* n° 29. — Air mesuré, $4^l,450$. Température, 13 degrés.

Baromètre......		742,2
	mm	
Colonne I....................	9,6	
Colonne *a' a''*................	8,1	
Tension de la vapeur *t*.........	11,4	29,1
Pression........		713,1

	En volume lit	En poids gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1)......	7,795	10,1257
Carbonate de baryte, $0^{gr},322$ = ac. carb.	0,036	0,0722
	7,831	10,1979
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,46	0,71

Ces deux derniers résultats, conformes à celui fourni par l'expérience n° 16, montrent dans l'air enfermé dans les pores du loam argileux une proportion d'acide carbonique incomparablement plus forte que dans l'atmosphère. Dans l'état de compression où il se trouve sous le sol de la forêt, le loam est à peine accessible à l'action de l'air extérieur, les racines des arbres ne le pénètrent même que difficilement. Aussi peut-on se demander quelle serait la constitution de l'air confiné du loam, si ce dépôt était ameubli au même degré que la terre végétale. C'est pour répondre à cette question qu'on a disposé l'expérience suivante.

EXPÉRIENCE N° 27.

On a rempli une caisse d'une capacité approchant de 2 mètres cubes, avec du loam; l'extrémité du tube *bc* occupait le centre de la masse qui se trouvait moins tassée que ne l'est ordinairement le sol forestier. Le

(1) *Expér.* n° 31. — Air mesuré, $8^{l},60$. Température, $11^{o},8$.

Baromètre......		735,8
	mm	
Colonne I....................	6,6	
Colonne *a' a"*..................	0,0	
Tension de la vapeur *t*..........	10,6	17,2
Pression........		718,6

3 octobre, pendant la pluie, on a aspiré depuis 6 heures du matin jusqu'à midi; il a été mesuré :

	En volume. lit	En poids gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).	4,1391	5,3768
Carbonate de baryte, $0^{gr},033$ = ac. carbon.	0,0037	0,0074
	4,1428	5,3842
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,089	0,14

Encore deux ou trois fois autant qu'il s'en trouve dans l'air atmosphérique, et il fallait que cela arrivât, puisque l'air compris dans les pores du loam, en se mêlant à l'air normal logé entre les fragments, apportait une bien plus forte proportion d'acide carbonique.

§ XI. — Air confiné dans le sable.

L'acide carbonique est au nombre des gaz que les eaux courantes comme les eaux de sources tiennent en dissolution; l'eau de pluie n'en est pas exempte: il est facile de s'en assurer en y versant quelques gouttes d'une solution de sous-acétate de plomb; au bout d'un instant, on voit apparaître un léger précipité de carbonate. Ce fait bien établi, il était permis de voir dans l'eau dont le sol est toujours plus ou moins imbibé, l'origine de l'acide carbonique; il y a même des raisons pour croire que l'eau, quand elle

(1) *Expér.* n° 27. — Air mesuré, $4^l,95$. Température, $13^o,5$.

	mm	
Baromètre......		737,9
Colonne I....................	8,4	
Colonne *a' a''*..................	20,6	
Tension de la vapeur *t*..........	11,8	40,8
Pression........		696,8

est absorbée par un corps poreux, laisse échapper des gaz pour lesquels elle n'a d'ailleurs qu'une assez faible affinité. Ces réflexions étaient surtout suggérées par cette circonstance, que le loam, extrêmement pauvre en détritus de matières organiques, avait néanmoins fourni un air confiné aussi riche en acide carbonique que le terrain de la forêt. Il est vrai que les eaux du sol forestier s'infiltrent continuellement dans leur sous-sol perméable, et puis, comme on le verra dans la suite de ce Mémoire, si *l'atmosphère* du loam est aussi chargée d'acide carbonique que celle de la terre fertile qu'il supporte, cette atmosphère est beaucoup plus limitée. Quoi qu'il en soit, si l'eau d'imbibition possédait l'influence que nous lui avons supposée, l'air enfermé dans un sable stérile, pourvu que ce sable fût mouillé, contiendrait autant de gaz acide que l'air extrait de la terre végétale : nous avons cru devoir examiner s'il en était ainsi.

EXPÉRIENCE N° 20.

Les eaux pluviales arrachent aux montagnes arénacées des Vosges du sable siliceux qu'elles déposent ensuite sur les pentes moins rapides. Ce sable est mis en tas pour être utilisé à la préparation du mortier, à l'ensablement des allées de jardin. C'est dans un de ces tas, exposés à toutes les intempéries depuis plus de deux mois, que nous avons pris 2 mètres cubes de sable humide pour remplir la caisse où était placé le loam dans l'expérience n° 27. Le 23 septembre, l'aspirateur a fonctionné depuis 2 heures de l'après-midi jusqu'au lendemain à la même heure :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).....	26,550	34,4885
Carbonate de baryte, $0^{gr},258$ = ac. carb.	0,029	0,0578
	26,579	34,5463
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,11	0,17

EXPÉRIENCE N° 26.

Comme l'aspirateur avait puisé 27 litres d'air dans un volume de sable humide très-réduit, si on le compare à celui sur lequel on agit quand on opère en pleine terre, on a fait, le 2 octobre, une nouvelle observation en aspirant l'air avec plus de lenteur afin d'atténuer davantage les effets de l'air extérieur. Le sable provenait d'un autre tas. De 6 heures du matin à 1 heure de l'après-midi :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (2)......	3,8802	5,0404
Carbonate de baryte, $0^{gr},067$=ac. carbon.	0,0076	0,0150
	3,8878	5,0554
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,19	0,29

---

(1) *Expér.* n° 20. — Air mesuré, $30^l,30$. Température, $17^o,5$.

	mm	
Baromètre......		746,7
Colonne I......................	10,3	
Colonne *a' a''*..................	12,9	
Tension de la vapeur *t*.........	14,9	38,1
Pression.......		708,6

(2) *Expér.* n° 26. — Air mesuré, $4^l,46$. Température, 15 degrés.

	mm	
Baromètre......		739,3
Colonne I......................	7,3	
Colonne *a' a''*..................	21,7	
Tension de la vapeur *t*..........	12,8	41,8
Pression.......		697,5

On voit que l'air interposé entre les particules du sable humide ne contient pas au delà de trois à quatre fois autant d'acide carbonique que l'atmosphère normale. Nous ajouterons que le sable sur lequel ont porté ces observations n'est pas absolument exempt de matières organiques, bien que les pluies lui en aient enlevé la plus grande partie; il n'est donc pas permis d'affirmer que les 2 millièmes d'acide ne résultent pas de la décomposition ou de la combustion de cette matière, dont les effets ne sauraient être l'objet d'un doute, comme l'ont prouvé les expériences faites sur la terre récemment fumée, et comme l'établit encore de la manière la plus nette l'observation que nous allons rapporter.

EXPÉRIENCE N° 24.

Le sable humide, dont l'air n'avait donné que 1 à 2 millièmes de gaz acide carbonique, fut amendé, dans la caisse même qui le renfermait, avec du fumier. L'opération eut lieu le 24 septembre; cinq jours après, le 30, à 8 heures du soir, on mit en train l'aspirateur; le 1er octobre, à 8 heures du matin, il y avait de mesuré, par une pluie abondante :

	En volume lit	En poids gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^{m},76$....	3,866	5,0219
Carbonate de baryte, $0^{gr},334$=ac. carbon.	0,038	0,0748
	3,904	5,0967
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,97	1,47

(1) *Expér.* n° 24. — Air mesuré, $4^{l},400$. Température, $10°,5$.

Baromètre......		738,8
	mm	
Colonne I....................	9,6	
Colonne *a' a''*................	25,4	
Tension de vapeur *t*...........	10,3	45,3
Pression........		693,5

c'est-à-dire plus de six fois autant qu'avant l'introduction de l'engrais, et vingt-quatre fois autant que dans l'air atmosphérique.

L'air recueilli dans le ballon *d* a donné à l'analyse (1) :

		Air privé d'ac. carbon.
Acide carbonique.....	1,51	"
Oxygène............	19,58	19,88
Azote...............	78,91	80,12
	100,00	100,00

Calculant la composition avec l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique.......	0,97	} 20,66
Oxygène...............	19,69	}
Azote.....	79,34	
	100,00	

EXPÉRIENCE N° 30.

Ces observations seraient restées incomplètes si nous n'avions pu les faire dans un gisement de sable qu'on observe sur la route du Liebfrauenberg à Lembach, dans la forêt de Gœrsdorff et à moins de 1 kilomètre du point où nous avions opéré sur le loam. Le tube de plomb a été introduit à 45 centimètres dans un

---

(1)	Air......................	332
		327
	CO^2	5
		262
		70
	Oxygène	65

trou de mine, et à $1^m,4$ au-dessous de la terre végétale. Le sable était humide, mais il ne laissait pas suinter d'eau.

Le 21 octobre, le tube en plomb était en place depuis vingt-quatre heures, l'aspirateur a fonctionné de 9 heures du matin à 6 heures du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)........	3,322	4,3153
Carbonate de baryte, $0^{gr},070$ = ac. carbon.	0,008	0,0157
	3,330	4,3310
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,24	0,36

EXPÉRIENCE N° 32.

Le 26 octobre, on fit une seconde observation dans le sable. Le tube en plomb fut introduit dans l'alluvion, toujours à $1^m,4$ au-dessous de la terre végétale, mais à 1 mètre de distance du point où il avait pris l'air dans l'expérience n° 30.

De 9 heures du matin à 5 heures du soir, on a mesuré :

---

(1) *Expér.* n° 30. — Air mesuré, $3^l,65$. Température, $10°,3$.

	mm	
Baromètre......		744,4
Colonne I.....................	6,6	
Colonne a' a''.................	10,3	
Tension de la vapeur t.........	9,7	26,6
Pression.......		717,8

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1). .	3,281	4,2620
Carbonate de baryte, $0^{gr},075$=ac. carbon.	0,008	0,0168
	3,289	4,2782
Dans 100 parties d'air, acide carbonique. . .	0,24	0,39

Il résulte de ces deux dernières expériences qu'il y a, dans l'air interposé dans le sable en place, plus d'acide carbonique que dans l'air du sable ameubli et depuis longtemps exposé à l'action immédiate de l'atmosphère. Cela est tout simple; mais, ce qui l'est moins, c'est que la proportion de cet acide soit notablement plus faible que celle que nous avons constatée à plusieurs reprises dans le loam. Cependant le sable quartzeux, comme sous-sol de la forêt de Gœrsdorff, est, en quelque sorte, la continuation du loam. L'un et l'autre appartiennent, suivant un très-habile géologue, M. Daubrée, à une alluvion moderne, dont le dépôt est évidemment postérieur aux dernières dislocations des Vosges.

§ XII. — Air confiné dans la terre d'une culture d'asperges.

Expérience n° 18.

Des observations faites sur un carré d'asperges du potager du Liebfrauenberg montrent de nouveau l'in-

---

(1) *Expér.* n° 32. — Air mesuré, $3^{l},65$. Température, 10 degrés.

	mm	
Baromètre......		734,0
Colonne I.....................	6,0	
Colonne a' a''................	10,3	
Tension de la vapeur t..........	9,5	25,8
Pression.......		708,2

fluence presque immédiate de l'engrais sur le développement de l'acide carbonique.

Les asperges n'avaient pas reçu de fumier depuis l'année dernière. Le 22 septembre, lorsque les tiges furent coupées, on plaça un appareil qui fonctionna depuis 4 heures de l'après-midi jusqu'au lendemain 8 heures du matin. Le temps s'est maintenu au beau :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à o degré, pression $0^m,76$ (1).....	12,956	16,8298
Carbonate de baryte, $0^{gr},859$ = ac. carb.	0,097	0,1925
	13,053	17,0223
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,74	1,13

On a trouvé dans l'air du ballon *d* (2) :

		Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique.....	1,47	»
Oxygène	18,88	19,16
Azote	79,65	80,84
	100,00	100,00

Prenant l'acide dosé par la baryte :

---

(1) *Expér.* n° 18. — Air mesuré, $14^l,100$. Température, $7^o,5$.

Baromètre		753,4
	mm	
Colonne I	9,5	
Colonne *a' a''*	18,4	
Tension de la vapeur *t*	8,0	35,9
Pression		717,5

(2)

Air..................	339
	334
CO^2..................	5
	270
	69
Oxygène..............	64

Acide carbonique......	0,74	19,76
Oxygène.............	19,02	
Azote.............	80,24	
	100,00	

EXPÉRIENCE N° 25.

Le 25 septembre, le carré d'asperges fut recouvert de fumier qu'on enterra, comme de coutume, à une demi-profondeur de bêche. Le 30, on fit fonctionner un appareil, le tube *bc* prenant l'air à 30 centimètres au-dessous de la surface. L'aspirateur, ouvert à 2 heures de l'après-midi, fut fermé, le 1er octobre, à 11h 30m :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)......	5,451	7,0809
Carbonate de baryte, $0^{gr},417$=ac. carbon..	0,047	0,0934
	5,498	7,1743
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,85	1,30

L'air qui composait le ballon *d* était composé de (2) :

(1) *Expér.* n° 25. — Air mesuré, 6^l,100. Température, 13 degrés.

Baromètre......		738,8
	mm	
Colonne I....................	10,0	
Colonne $a' a''$................	5,9	
Tension de la vapeur t.........	11,4	27,3
Pression........		711,5

(2)

	I.	II.
Air..............	340,0	362
	336,0	356
CO^2.............	4,0	6
	269,5	287
	70,5	75
Oxygène.........	66,5	69

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique	1,18	1,66	1,42	»
Oxygène........	16,56	19,06	19,31	19,58
Azote..........	»	»	79,27	80,42
			100,00	100,00

Il y a, on le voit, une différence très-considérable entre la proportion d'acide carbonique trouvée par l'analyse eudiométrique et celle résultant du dosage par la baryte. A cette occasion, nous ferons remarquer que la détermination de 0,01 à 0,02 de cet acide, quand elle est faite dans un tube gradué, ne saurait être bien exacte. En effet, une erreur de lecture d'une division, dans le cas particulier qui nous occupe, et suivant le sens dans lequel elle serait commise, donnerait pour l'analyse I : 1,47 ou 0,88 d'acide. Cela provient de ce qu'une division de tube représente une forte fraction du gaz acide carbonique que contient l'air. Dans le dosage par la baryte, où l'on opère toujours sur plusieurs litres de gaz confiné, une erreur de 1 centigramme sur le carbonate n'affecterait pas le résultat d'une manière sensible, par la raison que ce poids équivaut seulement à 1 centimètre cube, soit, pour l'expérience n° 25, à $\frac{1}{47}$ du volume du gaz acide carbonique renfermé dans l'air examiné. L'évaluation fournie par l'analyse eudiométrique ne doit donc être acceptée que comme un contrôle du résultat donné par la baryte. Par conséquent, nous considérerons l'air confiné comme composé de :

Acide carbonique...	0,85	20,26
Oxygène...	19,41	
Azote........	79,74	
	100,00	

Ainsi, par l'influence du fumier, l'acide carbonique a été porté de 0,75 pour 100 à 0,86. La totalité de l'effet de l'engrais était loin d'être produite, comme on s'en est assuré par une nouvelle observation.

EXPÉRIENCE N° 28.

Afin que le fumier ait le temps d'agir, nous avons laissé passer huit jours avant de faire une nouvelle observation dans le carré d'asperges. Le 3 octobre, par une pluie continue accompagnée d'un vent extrêmement fort, l'aspirateur a coulé depuis 6 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir.

	En volume lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1).......	4,797	6,2313
Carbonate de baryte, $0^{gr},664$ = ac. carbon.	0,075	0,1488
	4,872	6,3801
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	1,54	2,33

L'air du ballon *d* renfermait (2) :

---

(1) *Expér.* n° 28. — Air mesuré, $5^{l},300$. Température, 10 degrés.

	mm	
Baromètre......		738,8
Colonne I......................	9,6	
Colonne *a' a''*..................	6,6	
Tension de la vapeur *t*..........	9,5	25,7
Pression.......		713,1

(2)

Air....................	336
	330
CO^2....................	6
	267
	69
Oxygène.............. .	63

		Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique.....	1,79	»
Oxygène............	18,75	19,09
Azote..............	79,46	80,91
	100,00	100,00

Prenant le dosage par la baryte :

Acide carbonique.......	1,54	20,34
Oxygène..............	18,80	
Azote..............	79,66	
	100,00	

Depuis l'observation du 22 septembre, la proportion d'acide carbonique avait doublé.

§ XIII. — Air confiné dans un sol abondant en humus.

Expérience n° 13.

Dans une excavation pratiquée dans le jardin, on a déposé du bois pourri, du terreau ramassé dans les arbres décrépits de la forêt. En hiver, ce mélange a été arrosé plusieurs fois avec de l'eau de fumier. C'est dans cette sorte de compost que sont placés des *fuchsia* pendant la belle saison. L'épaisseur du terrain est de 40 centimètres, l'air a été pris à 35 centimètres.

Le 16 septembre, par un temps pluvieux, on a placé un appareil. L'écoulement a duré depuis 6 heures du soir jusqu'au lendemain à la même heure :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : 0 degré, pression $0^{m},76$ (1)........	7,017	9,1151
Carbonate de baryte, $2^{gr},337$=ac. carbon..	0,265	0,5237
	7,282	9,6388
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	3,64	5,43

L'air du ballon *d* a donné (2) :

	I.	II	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique.	3,95	3,70	3,83	»
Oxygène........	16,45	16,40	16,43	17,07
Azote..........	»	»	79,74	82,93
			100,00	100,00

Avec l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique.........	3,64	} 20,09
Oxygène................	16,45	}
Azote..................	79,91	
	100,00	

Comme on devait le prévoir, l'air confiné dans un terrain extrêmement riche en humus contenait une très-forte proportion de gaz acide carbonique, et il est

(1) *Expér.* n° 13. — Air mesuré, $8^{l},026$. Température, 12 degrés.

Baromètre.....		740,5
	mm	
Colonne I.....................	14,5	
Colonne *a' a''*................	21,7	
Tension de la vapeur *t*..........	10,7	46,9
Pression.........		693,6

(2)

Air....................	76,0	94,5
	73,0	91,0
CO^2..................	3,0	3,5
	60,5	75,5
	15,5	19,0
Oxygène................	12,5	15,5

hors de doute, d'après les résultats de l'analyse eudiométrique, qu'en pénétrant dans la terre où sont plantés les *fuchsia*, l'oxygène de l'atmosphère n'a pas seulement brûlé le carbone, mais aussi l'hydrogène de la matière organique dont le sol était presque entièrement formé.

§ XIV. — Air confiné dans une sole de betteraves.

Expérience n° 17.

Le champ qui avait été fumé en automne est situé dans la vallée de la Saüer. C'est une terre assez forte placée sur les débris du müschelkalk. Le tube *bc* était enfoui depuis vingt-quatre heures à 40 centimètres de profondeur, entre quatre betteraves.

Le 22 septembre, de 9 heures du matin à 5 heures du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1).......	5,037	9,5431
Carbonate de baryte, $0^{gr},388$ = ac. carbon.	0,044	0,0870
	5,081	6,6301
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,87	1,31

Air reçu dans le ballon *d* (2) :

---

(1) *Expér.* n° 17. — Air mesuré, $5^{l},470$. Température, 13 degrés.

	mm	
Baromètre.....		761,1
Colonne I....................	10,0	
Colonne *a' a''*.................	6,6	
Tension de la vapeur *t*.........	11,4	28,0
Pression........		733,1

(2)

Air..........................	340
	337
CO^2..........................	3
	270
	70
Oxygène......................	67

		Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique	0,88	»
Oxygène	19,71	19,88
Azote	79,41	80,12
	100,00	100,00

Avec l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique..................	0,87	20,58
Oxygène..........................	19,71	
Azote............................	79,42	
	100,00	

§ XV. — Air confiné dans la terre d'une luzernière.

EXPÉRIENCE N° 21.

Le 25 septembre, dans cette luzernière établie depuis cinq ans sur un terrain voisin et analogue à celui du champ de betteraves, un appareil a mesuré, de 8 heures du matin à 4 heures du soir :

	En volume.	En poids.
	lit	gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)	8,140	10,5739
Carbonate de baryte, $0^{gr},582$ = ac. carbon.	0,066	0,1304
	8,206	10,7043
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,80	1,22

(1) *Expér.* n° 21. — Air mesuré, $8^l,650$. Température, 16 degrés.

	Baromètre.....	754,1
	mm	
Colonne I....................	9,6	
Colonne *a' a''*................	0,0	
Tension de la vapeur *t*..........	13,6	23,2
	Pression........	730,9

L'air du ballon *d* était composé de (1) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans acide.
Acide carbonique..	1,18	0,95	1,06	»
Oxygène.........	20,06	20,00	20,03	20,21
Azote...........	»	»	78,91	79,79
			100,00	100,00

Par le dosage par la baryte :

Acide carbonique......	0,80	20,84
Oxygène..............	20,04	
Azote................	79,16	
	100,00	

§ XVI. — Air confiné dans la terre d'un champ de topinambours.

Expérience n° 23.

Les topinambours n'avaient pas reçu de fumier depuis le printemps de l'année dernière. La terre est extrêmement forte; l'argile y domine. La végétation avait une belle apparence. Le 29 septembre, de 10 heures du matin à 5 heures du soir, on a mesuré :

---

(1)

Air............	339	316
	335	313
CO^2............	4	3
	267	250
	72	66
Oxygène........	68	63

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)......	4,191	5,4441
Carbonate de baryte, $0^{gr},248$ = ac. carbon.	0,028	0,0556
	4,219	5,4997
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,66	1,01

Air du ballon *d* (2) :

		Air sans ac. carbon.
Acide carbonique....	0,72	»
Oxygène...........	19,97	20,12
Azote..............	79,31	79,88
	100,00	100,00

Acide carbonique dosé par la baryte.....	0,66	20,65
Oxygène........................	19,99	
Azote..........................	79,35	
	100,00	

§ XVII. — Air confiné dans la terre d'une prairie.

Expérience n° 22.

Le 26 septembre, par un beau temps, l'appareil a

---

(1) *Expér.* n° 23. — Air mesuré, $4^l,750$. Température, 15 degrés.

	mm	
Baromètre.....		739,2
Colonne I.....................	9,6	
Colonne *a' a''*.................	9,6	
Tension de la vapeur *t*........	12,8	32,0
Pression........		707,2

(2)	Air.....................	348,0
		345,5
	CO^2	2,5
		276,0
		72,0
	Oxygène	69,5

été établi dans une prairie située dans le fond de la vallée de la Saüer. A cause de la grande humidité du sol, le foin récolté est de qualité inférieure, mais la terre est très-fertile, comme on a eu l'occasion de s'en convaincre par un essai de culture de houblon. De 10 heures du matin à 5 heures du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0 degré, pression $0^m,76$ (1)	5,909	7,6758
Carbonate de baryte, $0^{gr},954$ = ac. carbon.	0,108	0,2138
	6,017	7,8896
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	1,79	2,71

Air du ballon *d* (2) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique...	1,86	2,29	2,07	»
Oxygène.........	19,25	19,14	19,19	19,76
Azote............	»	»	78,74	80,40
			100,00	100,00

Avec l'acide dosé par la baryte :

---

(1) *Expér.* n° 22. — Air mesuré, $6^l,600$. Température, 17 degrés.

	mm	
Baromètre......		752,5
Colonne I....................	10,0	
Colonne *a' a''*..............	5,2	
Tension de la vapeur *t*.........	14,5	29,7
Pression........		722,8

(2)

	I.	II.
Air................	322	350
	316	342
CO^2................	6	8
	254	275
	68	75
Oxygène...........	62	67

Acide carbonique......	1,79	21,20
Oxygène...............	19,41	
Azote...............	78,80	
	100,00 (1)	

§ XVIII. — Air confiné dans la terre d'une serre chaude.

Expérience n° 33.

Nous avons établi un de nos appareils dans la serre des palmiers du Jardin des Plantes, pour rechercher si l'air de la terre des bâches contenait autant d'acide carbonique que celui que nous avions puisé dans le sol des champs. Toutefois, nous ferons observer qu'à part la température, les conditions ne sont pas favorables au développement de cet acide. En effet, la terre dont l'épaisseur est de $2^m,50$, n'a pas reçu d'engrais depuis dix ans; c'est un mélange de terre ordinaire et de terre de bruyère qu'on arrose fort rarement, afin d'activer le moins possible la végétation; autrement, les palmiers atteindraient bientôt des dimensions qui ne permettraient plus de les abriter dans la serre.

Le tube *bc* avait été enfoui à 40 centimètres dans le sol, vingt heures avant qu'on commençât l'expérience. Le 29 octobre, de 10 heures du matin au 30 octobre à midi, on a mesuré :

---

(1) Un thermomètre placé dans le sol d'un jardin, à 40 centimètres de profondeur, a marqué, durant le cours de nos expériences, de $15^o,2$ à $17^o,2$.

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^m,76$ (1).	6,908	8,9736
Carbonate de baryte, $0^{gr},591$ = ac. carbon.	0,067	0,1324
	6,975	9,1060
Dans 100 parties d'air, acide carbonique . .	0,97	1,45

Air recueilli dans le ballon *d* (2) :

	I	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique . . .	1,42	1,41	1,41	»
Oxygène	19,43	19,72	19,58	19,85
Azote	»	»	79,01	80,15
			100,00	100,00

Avec l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique	0,97	20,63
Oxygène	19,66	
Azote	79,37	

EXPÉRIENCE N° 34.

Le 1er novembre, une nouvelle observation, com-

(1) *Expér.* n° 33. — Air mesuré, $7^l,75$. Température, $17^o,4$.

	mm	
Baromètre		758,8
Colonne I	9,2	
Colonne a' a''	14,0	
Tension de la vapeur t	14,8	38,0
Pression		720,8

(2)

	I.	II.
Air	211	213
	208	210
CO^2	3	3
	167	168
	44	45
Oxygène	41	42

mencée à 3 heures de l'après-midi, a été terminée le 3 novembre, à 10 heures du matin. On a mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0 degré, pression $0^{m},76$ (1)	10,709	13,9120
Carbonate de baryte, $0^{gr},946$ = ac. carb.	0,107	0,2120
	10,816	14,1240
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,99	1,50

Air recueilli dans le ballon *d* (2) :

Acide carbonique.....	1,43	
Oxygène............	19,52	déduction faite de l'acide carbonique 19,81.
Azote..............	79,05	
	100,00	

Prenant l'acide dosé par le carbonate :

Acide carbonique......	0,99	20,60.
Oxygène............	19,61	
Azote............	79,40	
	100,00	

(1) *Expér.* n° 34. — Air, 12 litres. Température, $19^{\circ},1$.

Baromètre......		758,7
	mm	
Colonne I....................	9,6	
Colonne *a' a''*................	7,0	
Tension de la vapeur *t*.........	16,4	33,0
Pression........		725,7

(2)

Air................	210
	207
CO^2.............	3
	166
	44
Oxygène	41

EXPÉRIENCE N° 35.

Elle a été faite à la même place, le 5 novembre. La terre a été fortement arrosée le 3 et le 4 novembre, de manière à faire pénétrer l'humidité à la profondeur de 50 centimètres environ. Nous avons pensé qu'il y aurait de l'intérêt à examiner si, sous l'influence de l'eau, la proportion d'acide carbonique serait plus grande que dans les deux expériences antérieures, où la terre était très-sèche. L'aspiration, commencée à $1^h\,30^m$, a cessé le 6 novembre à $3^h\,30^m$ du soir.

	En volume lit	En poids. gr
Air ramené à 0° et à la pression $0^m,76$ (1)	13,579	17,6401
Carbonate de baryte, $1^{gr},364$ = ac. carb.	0,154	0,3057
	13,733	17,9458
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	1,12	1,70

Air recueilli dans le ballon *d* (2) :

---

(1) *Expér.* n° 35. — Air mesuré, $15^l,05$. Température, 19°,5.

Baromètre.....		763,6
	mm	
Colonne I.....................	9,9	
Colonne *a' a''*.................	2,2	
Tension de la vapeur *t*.........	16,8	28,9
Pression........		734,7

(2)

	I.	II.
Air.........	248	246,5
	243	242,0
CO^2.........	5	4,5
	196	196,0
	52	50,5
Oxygène	47	46,0

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb
Acide carbonique.	2,01	1,82	1,91	»
Oxygène........	18,95	18,70	18,82	19,19
Azote	»	»	79,27	80,81
			100,00	100,00

Calculant la composition de l'air confiné en faisant intervenir l'acide carbonique dosé par la baryte, on a, en volume :

Acide carbonique......	1,12	20,09
Oxygène..........	18,97	
Azote..............	79,91	
	100,00	

EXPÉRIENCE N° 36.

Le 11 novembre, une nouvelle observation, commencée à 10 heures du matin, a été terminée le 12 novembre à 1 heure de l'après-midi. On a eu pour résultats :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, et à pression $0^{m},76$ (1)...	7,348	9,5444
Carbonate de baryte, $0^{gr},788$ = ac. carbon.	0,089	0,1766
	7,437	7,7210
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	1,20	1,82

(1) *Expér.* n° 36. — Air mesuré, $8^{l},25$. Température, 16 degrés.

	mm	
Baromètre......		753,2
Colonne I.....................	9,9	
Colonne a' a''...............	13,2	
Tension de la vapeur ts........	13,6	36,7
Pression........		716,5

Air recueilli dans le ballon *d* (1) :

		Air sans l'ac. carb.
Acine carbonique.....	1,69	"
Oxygène...............	18,83	19,15
Azote.................	79,48	80,85
	100,00	100,00

Établissant la composition en prenant l'acide carbonique dosé par la baryte, on a, en volume :

Acide carbonique......	1,20	20,21
Oxygène...............	18,92	
Azote.................	79,88	
	100,00	

On voit par ces deux derniers résultats, que l'air confiné a contenu une proportion d'acide carbonique un peu plus forte après que la terre a été arrosée. Ainsi, par l'influence de l'humidité, l'acide carbonique a été porté de 0,98 à 1,16 pour 100.

§ XIX. — Les analyses dont nous avons présenté les résultats, établissent de la manière la plus nette que l'air atmosphérique, en séjournant dans la terre végétale, modifie singulièrement sa composition. En effet, à l'état normal il renferme, en volume, 0,0004 d'acide carbonique, soit 4 décilitres par mètre cube, équivalent à $0^{gr},216$ de carbone si l'on suppose les

(1)

Air..................	239
	235
CO^2.................	4
	190
	49
Oxygène..............	45

gaz à la température de 0 degré et à la pression de $0^{m},76$. Dans le sol, l'air est constamment plus chargé d'acide carbonique; par exemple, la moyenne obtenue dans les cultures qui n'avaient pas été fumées depuis une année serait, par mètre cube, de 9 litres de gaz acide contenant près de 5 grammes de carbone, c'est-à-dire 22 à 23 fois autant que l'air normal. Dans les sols récemment fumés, la différence a été bien plus grande encore, puisque l'air pris dans la terre d'un champ où le fumier était incorporé depuis neuf jours, renfermait 98 litres d'acide carbonique par mètre cube, soit 53 grammes de carbone; environ 245 fois autant que dans l'air extérieur.

Le développement de cette quantité, relativement considérable, d'acide carbonique dans l'air atmosphérique engagé dans la terre végétale, provient évidemment, en grande partie, de la combustion lente du carbone des matières organiques, telles que l'humus, les débris de plantes, l'engrais. Cela semble si vrai, que, dans la plupart des cas, le volume du gaz acide carbonique développé représente, à peu de chose près, le volume du gaz oxygène qui a disparu.

Ainsi, d'après nos analyses, la somme de ces deux gaz dans 100 volumes de l'air pris dans le sol, a été :

Terre fumée depuis dix jours......	20,09
Terre fumée depuis seize jours ...	20,14
Culture de carottes..............	20,43
Culture de vigne	20,78
Culture de forêt	20,48
Sous-sol de la forêt.	20,45
Carré d'asperges non fumé	19,76
Carré d'asperges fumé...........	20,30
Terre très-riche en humus........	20,09

Culture de betteraves............	20,58
Luzernière.........	20,84
Champ de topinambours.........	20,65
Ancienne prairie.............	21,20
Serre de palmiers..............	20,36
Sable fumé...................	20,66

Dans 100 parties, en volume, d'air atmosphérique, il y a 20,9 d'oxygène; et, bien que la somme des volumes de l'acide carbonique et de l'oxygène de l'air qui a séjourné dans le sol approche beaucoup de ce nombre, la différence qu'on a observée, toute faible qu'elle est, s'est présentée avec une telle constance, que nous n'hésitons pas à croire qu'une partie de l'oxygène est employée à brûler de l'hydrogène appartenant à la matière organique disséminée dans la terre végétale.

§ XX. — La connaissance de la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air confiné du sol ne suffit plus lorsqu'on cherche à apprécier la quantité du même acide que la combustion lente de l'humus ou des engrais met à la disposition des plantes. Pour arriver à une approximation tant soit peu exacte de cette quantité, il fallait savoir ce qu'il y avait d'air dans une étendue donnée de terrain. Pour déterminer le volume de gaz enfermé dans la terre végétale, nous nous sommes servis d'un vase cylindrique en bois, d'une capacité de 34 litres, et de 35 centimètres de profondeur.

Nous remplissions ce vase avec de la terre jusqu'à ce qu'il fût comble, puis, avec une règle, nous nivelions la surface. Ensuite nous ajoutions peu à peu de l'eau jusqu'à ce que ce liquide fût sur le point de

déborder, l'ouverture étant maintenue, à l'aide de cales, dans un plan horizontal. On favorisait la sortie du gaz en remuant avec une tige de fer. Le volume d'eau introduit représentait nécessairement le volume d'air déplacé. L'opération est d'une exécution rapide, et la difficulté n'est pas dans la détermination du volume d'air, mais bien dans le degré de tassement que l'on doit donner aux 34 litres de terre; car on conçoit que, suivant que la compression aura été plus ou moins forte, on obtiendra des volumes d'air très-différents. On en jugera par les essais suivants :

On a tassé du sable humide en laissant tomber deux fois sur le sol le vase soulevé à 2 décimètres; on expulsa des 34 litres de sable :

	litres
Dans un premier essai, air.........	10,8
Dans un second essai, air..........	10,9

Ainsi tassé, le sable humide, autant qu'on pouvait en juger par le tact, par l'aspect, avait la consistance que possède la terre arable légère quelques mois après les labours. Le même sable ayant été fortement tassé en le comprimant avec le pied, à mesure qu'on le mettait dans le vase, on n'a plus retiré que 3 litres d'air.

Il y a dans le tassement de la terre mise dans le vase jaugé, un arbitraire fâcheux que nous nous empressons de signaler, tout en regrettant de ne pas l'avoir fait disparaître; nous croyons toutefois pouvoir assurer que, dans nos essais, la terre a toujours été plus fortement tassée qu'elle ne l'est dans les champs, de sorte que l'estimation du volume d'air

que nous avons déduite de nos expériences est plutôt trop faible que trop forte. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	AIR CONFINÉ	
	Dans 34 litres.	Dans 1 mèt. cube de terre végétale.
	lit	lit
Terre légère récemment fumée	8,0	235,3
Terre d'un champ de carottes	7,9	232,4
Terre d'une vigne, sol sablonneux	9,6	282,4
Terre de la forêt ; sol sablonneux, fortement tassé	4,0	117,6
Loam, sous-sol de la forêt, fortement tassé	2,4	70,6
Sable, sous-sol de la forêt, fortement tassé	3,0	88,2
Terre d'un carré d'asperges ; sol sablonneux	7,6	223,5
Sol très-riche en humus	14,3	420,6
Terre d'un champ de betteraves, assez argileuse	8,0	235,3
Terre d'une luzernière, argileuse et calcaire	7,5	220,6
Terre d'un champ de topinambours, très-argileuse	7,0	205,9
Terre d'une prairie, argileuse, comprimée	5,5	161,8
Terre d'une serre du Jardin des Plantes	12,3	361,8

L'épaisseur de la couche de terre végétale, dans les champs auxquels nos recherches se rapportent, varie de 30 à 40 centimètres. Nous adoptons 35 centimètres pour l'épaisseur moyenne; pour faciliter les comparaisons, nous appliquerons cette même profondeur au loam et au sable sous-sols de la forêt, quoique ces alluvions aient une puissance qui atteint quelquefois plusieurs mètres. On a par conséquent, pour la terre d'un hectare, 3500 mètres cubes, dans lesquels les résultats des analyses indiquent les quantités suivantes d'acide carbonique.

NUMÉROS des expériences.	TERRES.	ACIDE CARBONIQUE. dans 100 parties d'air confiné.		AIR confiné dans 1 hectare de terre.	ACIDE carbonique de l'air confiné dans 1 hectare de terre.
		En volume.	En poids.		
				mc.	mc.
1 et 2	Terre récemment fumée...	2,21	3,33	824	18
8	Terre récemment fumée...	9,74	14,13	824	80
3 et 15	Champ de carottes:.......	0,98	1,49	813	8
5 et 6	Vigne..................	0,96	1,46	988	10
11 et 12	Forêt de Goersdorff.......	0,86	1,30	412	4
16 29 et 31	Loam, sous-sol de la forêt.	0,82	1,24	247	2
30 et 32	Sable, sous-sol de la forêt.	0,24	0,38	309	1
18 et 25	Asperges, anciennem. fum.	0,79	1,22	782	6
8	Asperges, récemm. fumées.	1,54	2,33	782	12
13	Sol très-riche en humus....	3,64	5,43	1472	54
17	Champ de betteraves......	0,87	1,31	824	7
21	Champ de luzerne.........	0,80	1,22	772	6
23	Champ de topinambours...	0,66	1,01	721	5
22	Prairie..................	1,79	2,71	566	10

Il ressort de ces recherches que l'air enfermé dans 1 hectare de terre arable, fumé depuis près d'une année, contient à peu près autant d'acide carbonique qu'il s'en trouve dans 18000 mètres cubes d'air atmosphérique; et que dans l'air de 1 hectare de terre arable récemment fumée, l'acide carbonique, dans certaines circonstances, représente celui qui est contenu dans 200000 mètres cubes d'air normal; elles constatent, en outre, que dans le loam sous-sol de la forêt, en prenant l'épaisseur de 35 centimètres adoptée pour la terre arable, l'air confiné contient autant d'acide carbonique qu'il y en a dans 5000 mètres cubes d'air pris dans l'atmosphère. Si l'on considère que cette alluvion atteint quelquefois une puissance

de plusieurs mètres, on doit croire que cette notable proportion d'acide carbonique ajoute aux qualités qui, d'après un très-habile observateur, M. E. Chevandier, ont fait placer le loam parmi les meilleurs terrains forestiers des Vosges et du grand-duché de Bade.

La présence de l'acide carbonique dans une couche sous-adjacente à la terre végétale mérite certainement de devenir l'objet d'une étude particulière; car, quelle que soit son origine, le gaz acide carbonique ne peut manquer d'exercer une certaine influence sur la fertilité du sol.

SUR LES

PROPRIÉTÉS ABSORBANTES

DE LA TERRE ARABLE,

PAR M. FRÉDÉRIC BRUSTLEIN.

En 1848, MM. Huxtable et Thompson découvrirent dans la terre arable une propriété nouvelle, celle de fixer certains éléments des engrais. M. Huxtable, en filtrant du purin sur de la terre, obtint un liquide incolore dépourvu de toute mauvaise odeur. A la même époque, M. H.-S. Thompson reconnut à la terre la curieuse faculté de retenir à l'état insoluble l'alcali d'une dissolution ammoniacale et même de solutions où la base ne se trouvait pas à l'état libre, mais engagée dans des combinaisons telles que le chlorhydrate, le sulfate et le nitrate d'ammoniaque. M. Th. Way (1), ayant eu connaissance de ces résultats remarquables, entreprit une longue série de recherches dans le but de déterminer la cause et les conditions de cette absorption; il trouva que la propriété absorbante des terres n'est pas limitée à l'ammoniaque seulement, mais qu'elle s'étend à toutes les bases alcalines et terreuses indispensables au développement d'un vé-

(1) *Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres*, t. IX (1850).

gétal, telles que la potasse, la soude, la magnésie et la chaux, libres ou engagées dans des combinaisons salines.

Après des expériences nombreuses, répétées dans le but de déterminer si la propriété de retenir les éléments des engrais existe réellement dans le sol arable, M. Way chercha à exprimer par des nombres la valeur de cette absorption. Pour cela il fit digérer un poids connu de terre avec une solution titrée du composé sur lequel il voulait opérer : la différence de la composition du liquide, avant et après son contact avec la terre arable, indiquait ce qui avait été absorbé.

En opérant de cette manière, M. Way a trouvé que 1 kilogramme de terre ou d'argile pouvait absorber, d'une dissolution contenant par litre $3^{gr},173$ d'ammoniaque, libre ou combinée à un acide, des quantités d'alcali identiques pour une même terre, mais variant pour les différentes espèces de sol ou d'argile, de $1^{gr},57$ à $3^{gr},921$. Ces chiffres n'ont rien d'absolu; ils sont modifiés par le degré de concentration de la liqueur employée et les proportions dans lesquelles elle a été prise relativement à la terre.

L'absorption se fait avec une grande rapidité; elle est aussi complète au bout d'une demi-heure qu'après un contact prolongé pendant quinze heures; si elle a lieu dans une dissolution d'un sel ammoniacal, le sel est décomposé, la base seule est fixée, tandis que l'acide se trouve éliminé en totalité à l'état de sel calcaire dans le liquide décanté.

Quelle est la cause de ce phénomène? Tient-il à la présence de la chaux, à celle des matières organiques,

ou est-il dû à l'alumine libre qui peut exister dans le sol? M. Way ne l'admet pas, car une addition de carbonate de chaux à une argile exempte de cette base à l'état carbonaté, mais renfermant néanmoins l'élément calcaire en faible proportion, n'a pas donné lieu à une absorption d'ammoniaque plus considérable; d'un autre côté, la calcination de l'argile n'a pas pu détruire en entier l'action décomposante et absorbante exercée par cette terre sur les sels et les bases; enfin le traitement par l'acide chlorhydrique, tout en opérant la dissolution de l'alumine, diminue, mais n'anéantit pas la faculté décomposante et absorbante de l'argile.

La rapidité avec laquelle s'opère l'absorption des bases par la terre a fait supposer à M. Way qu'il devait se former une combinaison chimique; dans ce cas, l'absorption d'un autre alcali que l'ammoniaque devait se faire dans le rapport du poids des équivalents. En opérant avec un sel de potasse, 1 kilogramme de terre a retenu $4^{gr},366$ de potasse; l'absorption a donc effectivement été plus considérable, sans cependant atteindre, à beaucoup près, ce qu'elle aurait dû être si l'hypothèse s'était vérifiée, quoique dans la liqueur employée la substitution de la potasse à l'ammoniaque ait été faite dans le rapport indiqué par les équivalents, c'est-à-dire que 1 litre renfermait $8^{gr},255$ de potasse (1).

---

(1) M. Way resta néanmoins convaincu qu'il se formait une véritable combinaison chimique avec un silicate double particulier existant dans le sol en proportion très-faible et variable.

Dans un travail postérieur *, M. Way pense avoir obtenu artifi-

* *Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres*, t. XIII, p. 123.

Ici, comme avec l'ammoniaque, les liqueurs plus concentrées donnent lieu à une absorption plus con-

---

ciellement ce composé, en précipitant un sel d'alumine par un silicate alcalin soluble, le silicate de soude. Il se forme ainsi un silicate double d'alumine et de soude à plusieurs équivalents d'eau, dont la composition à l'état sec correspond à

Silice	52,41
Alumine	29,68
Soude	17,91
	100,00

et dans lequel l'alcali peut être déplacé en totalité par la chaux pour former un sel composé de :

Silice	53,33
Alumine	30,21
Chaux	16,46
	100,00

Cette chaux est elle-même déplacée par la potasse et il se forme le silicate dont la composition est celle-ci :

Silice	47,97
Alumine	27,17
Potasse	24,86
	100,00

Dans ce dernier sel enfin, l'ammoniaque se substitue à la potasse et donne lieu à une combinaison dont la composition théorique serait :

Silice	53,96
Alumine	30,37
Ammoniaque	15,47
	100,00

L'ordre de déplacement inverse ne saurait avoir lieu tant qu'on emploie les différentes bases à l'état de sel.

Dans ces composés, la solubilité des alcalis est la suivante :

	Dans 1 litre d'eau distillée. gr
Soude	0,048
Chaux	Légèrement soluble.
Potasse	0,032
Ammoniaque	0,014
Ammoniaque saturée d'acide carbonique	0,036
Ammoniaque contenant 1,9790 de sel marin.	0,330

sidérable, et quand le sel a été remplacé par une dissolution de potasse caustique, 1 kilogramme de terre a retenu $11^{gr},71$ d'alcali : cette absorption a été augmentée encore quand la terre avait préalablement été mise à bouillir avec un acide.

Comme il était aisé de le prévoir, les sels de chaux en dissolution ne subissent aucune modification quand on les fait filtrer à travers la terre; mais de l'eau de chaux, suivant les proportions employées, abandonne dans les mêmes circonstances une quantité d'alcali qui varie pour 1 kilogramme de terre de $2^{gr},31$ à $14^{gr},68$.

Si, au contraire, la chaux est à l'état de carbonate dissous dans une eau chargée d'acide carbonique, l'absorption se réduit à $0^{gr},72$ de carbonate de chaux pour 1 kilogramme de terre.

Les sels de soude et de magnésie subissent dans le sol une transformation analogue à celle des autres composés alcalins; mais l'action est beaucoup moins prononcée et n'a pas donné lieu à des déterminations numériques.

Les bases étant retenues par le sol, les acides, comme l'acide phosphorique, qui forment avec la chaux des composés insolubles, doivent l'être de même; ces prévisions ont été confirmées par deux expériences de M. Way : dans l'une, de l'eau de rouissage du lin a été mise en digestion avec le sol; et dans l'autre, de l'eau d'égout a été filtrée à travers une couche de terre : le sol a précisément retenu en totalité les substances les plus utiles à la végétation, telles que les matières organiques en général ou les matières azotées seulement, l'acide phosphorique, la po-

tasse et la magnésie, tandis que les autres n'ont subi qu'une absorption partielle ou ont été retrouvées en plus forte proportion dans l'eau filtrée.

M. Way a été conduit par ses expériences aux conclusions suivantes. D'abord, que les plantes n'absorbent pas les engrais d'une dissolution; que la forme sous laquelle les matières minérales et les sels ammoniacaux sont appliqués est indifférente, car le sol possède la propriété de les ramener à un état spécial, sous lequel ces substances sont présentées aux plantes, circonstance précieuse pour l'agriculteur qui cherche à introduire un alcali comme engrais dans le sol. Le sel qui fournira cet alcali au plus bas prix sera donc celui auquel il faudra donner la préférence.

M. Way a reconnu que l'argile possède aussi des propriétés antiseptiques, car de l'urine, agitée ou filtrée sur de l'argile, n'a pas subi la fermentation putride; ce qui pourrait faire croire, en se fondant sur l'efficacité du parcage des moutons, que les plantes ont la propriété d'assimiler des substances azotées autres que l'ammoniaque et l'acide nitrique.

Enfin, M. Way pense qu'il faut répandre les engrais artificiels le plus régulièrement possible, afin d'avoir partout une végétation uniforme, car la capillarité serait impropre à disséminer les substances fertilisantes par voie de diffusion, à cause de leur insolubilité; cette même cause permettrait d'appliquer une forte fumure, sans qu'il y ait à craindre les pertes par les eaux de drainage, car une bonne terre peut retenir, sans déperdition, soixante fois autant de principes fertilisants qu'on n'en introduit avec l'engrais.

MM. W. Henneberg et F. Stohmann (1), en répétant les expériences de M. Way, dans le but de déterminer les meilleures conditions dans lesquelles il fallait opérer pour fixer le pouvoir absorbant d'une terre, ont trouvé comme lui une absorption parfaitement identique, qu'elle s'opérât au milieu d'une solution d'ammoniaque ou d'un sel ammoniacal, pourvu que la teneur en alcali fût la même; ils ont confirmé en outre l'observation faite par le savant anglais que l'absorption diminuait avec la force de la solution ammoniacale employée, et qu'elle était modifiée selon les proportions relatives de dissolution et de terre.

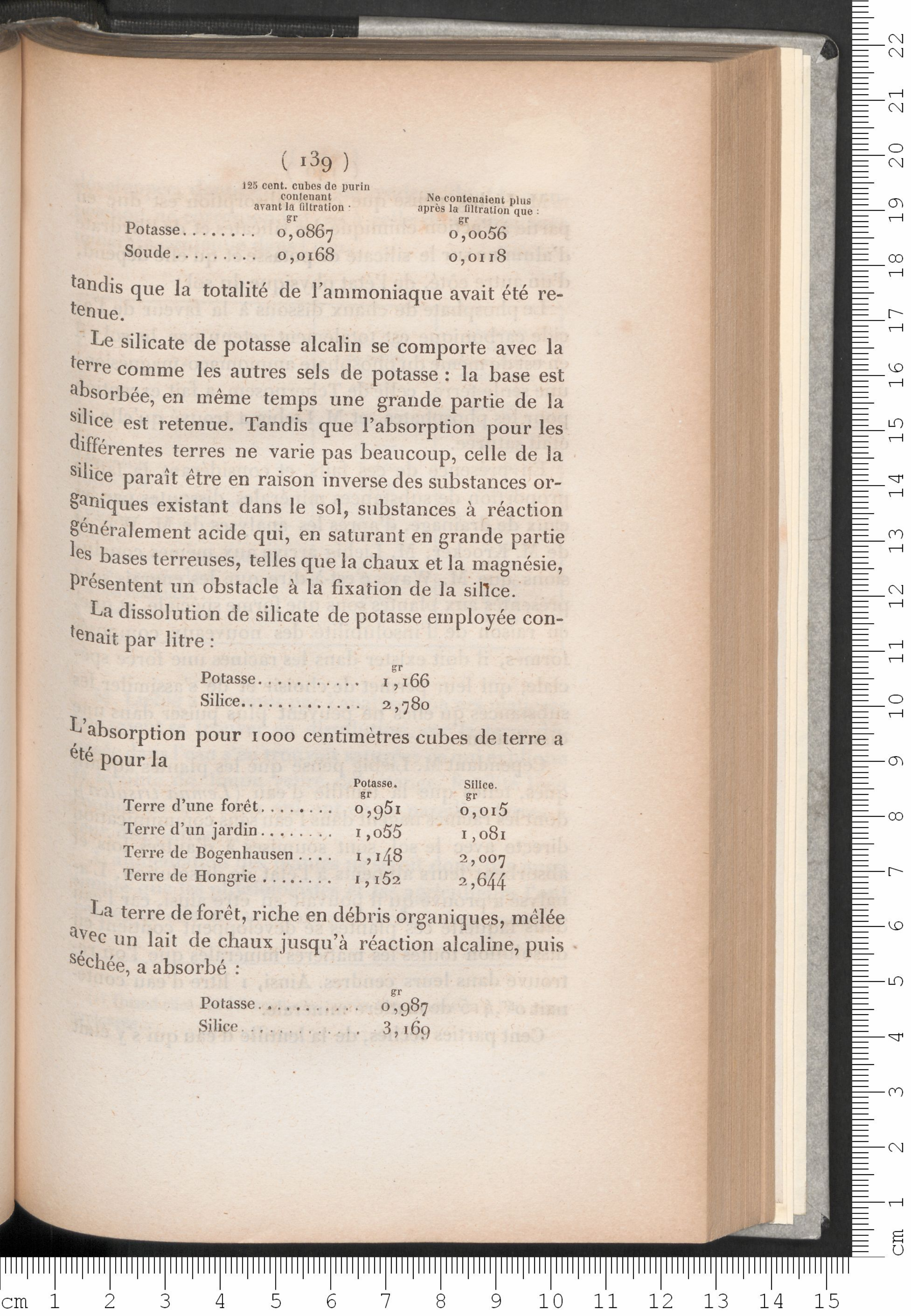
MM. Henneberg et Stohmann ont trouvé des nombres présentant une telle régularité, qu'ils ont permis à M. Boedecker d'établir des formules algébriques propres à déterminer, étant données la force de la dissolution et les quantités de terre et de liquide employées, quelle serait la valeur de l'absorption.

M. Liebig (2) reprit les travaux de M. Way, et, s'attachant exclusivement à l'étude des terres arables, reconnut que tous les sols possédaient, à très-peu de chose près, le même pouvoir absorbant; qu'ils soient riches ou pauvres en carbonate de chaux ou en alumine, il constata comme M. Way que cette propriété ne se manifeste pas avec la même intensité sur toutes les bases; ainsi en filtrant du purin, la potasse a été retenue avec plus d'énergie que la soude, car :

---

(1) *Journal fur Landswuthschaft*; janvier 1859.

(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CV, p. 109.



	125 cent. cubes de purin contenant avant la filtration :	Ne contenaient plus après la filtration que :
	gr	gr
Potasse........	0,0867	0,0056
Soude..........	0,0168	0,0118

tandis que la totalité de l'ammoniaque avait été retenue.

Le silicate de potasse alcalin se comporte avec la terre comme les autres sels de potasse : la base est absorbée, en même temps une grande partie de la silice est retenue. Tandis que l'absorption pour les différentes terres ne varie pas beaucoup, celle de la silice paraît être en raison inverse des substances organiques existant dans le sol, substances à réaction généralement acide qui, en saturant en grande partie les bases terreuses, telles que la chaux et la magnésie, présentent un obstacle à la fixation de la silice.

La dissolution de silicate de potasse employée contenait par litre :

	gr
Potasse...........	1,166
Silice............	2,780

L'absorption pour 1000 centimètres cubes de terre a été pour la

	Potasse.	Silice.
	gr	gr
Terre d'une forêt........	0,951	0,015
Terre d'un jardin........	1,055	1,081
Terre de Bogenhausen....	1,148	2,007
Terre de Hongrie........	1,152	2,644

La terre de forêt, riche en débris organiques, mêlée avec un lait de chaux jusqu'à réaction alcaline, puis séchée, a absorbé :

	gr
Potasse...........	0,987
Silice............	3,169

M. Liebig pense que cette absorption est due en partie à l'action chimique des silicates et de l'hydrate d'alumine sur le silicate de potasse et qu'elle dépend, d'un autre côté, de l'état physique du sol.

Le phosphate de chaux dissous à la faveur de l'acide carbonique est totalement retenu par le sol; il en est de même du phosphate ammoniaco-magnésien : une seule terre, celle de Tchernosem, a fait exception pour les phosphates, et M. Liebig a trouvé qu'elle en était saturée.

En présence de ces faits, et considérant la faible proportion de substances minérales dissoutes par les eaux de drainage, d'après les analyses de M. Way et de M. Krocker, M. Liebig arrive aux mêmes conclusions que M. Way, c'est-à-dire que les engrais sont présentés aux plantes sous une forme spéciale, et que, en raison de l'insolubilité des nouveaux composés formés, il doit exister dans les racines une force spéciale, qui leur permet de choisir et de s'assimiler les substances qu'elles ne peuvent plus puiser dans une dissolution.

Cependant M. Liebig pense que les plantes aquatiques, telles que la lentille d'eau (*Lemna trisulca*), dont les racines nagent dans l'eau sans communication directe avec le sol, sont soumises à d'autres lois et absorbent leurs aliments à l'état de dissolution. L'analyse a prouvé qu'il pouvait en être ainsi, car l'eau dans laquelle ces plantes se développent contient en dissolution toutes les matières minérales que l'on retrouve dans leurs cendres. Ainsi, 1 litre d'eau contenait 0gr,415 de matière minérale.

Cent parties sèches, de la lentille d'eau qui s'y était

développée, donnaient 16,6 de cendres, dont la composition ne correspondait pas à celle de la substance minérale contenue dans l'eau.

	COMPOSITION des cendres de la lentille d'eau pour 100.	COMPOSITION de la matière minérale en dissolution dans l'eau pour 100.
Chaux	16,820	35,000
Magnésie	6,080	12,264
Sel marin	5,897	10,100
Chlorure de potassium	1,450	»
Potasse	13,160	3,970
Soude	»	0,471
Sesquioxyde de fer et alumine	7,360	0,721
Acide phosphorique	8,730	2,619
Acide sulfurique	6,090	8,271
Silice	12,350	3,240

M. Liebig a reconnu par l'analyse que ces matières pouvaient se trouver en dissolution, car la terre déposée dans l'eau s'en trouvait saturée; ce qui explique la fertilité du limon retiré des étangs, fertilité bien connue de tous ceux qui ont eu de pareilles terres à leur disposition (1).

L'alimentation des plantes ne serait donc pas aussi simple que les physiologistes et les agriculteurs l'ont pensé, et elle ne se ferait pas de la même manière

(1) Quand elles ont été employées après une exposition à l'air assez prolongée.

pour toutes les espèces. L'importance de ces résultats au point de vue agricole, et l'intérêt que présente l'étude de la propriété absorbante particulière au sol, étaient donc assez grands pour déterminer à répéter et à étendre ces expériences. M. Boussingault me chargea de ce travail, que j'ai exécuté dans son laboratoire au Conservatoire des Arts et Métiers.

La rapidité et la rigoureuse exactitude avec laquelle on dose l'ammoniaque à l'aide de l'appareil imaginé par M. Boussingault, l'importance de cet alcali comme agent fertilisant, enfin l'identité de ses réactions et celles des autres bases dans le sol, ont déterminé à faire les expériences exclusivement avec l'ammoniaque.

Les terres, au nombre de trois, dont on a fait usage, possédaient des caractères physiques très-différents.

La première, prise à Bechelbronn, dans une sole de topinambours, est une argile ténue, compacte, assez riche en carbonate de chaux, pouvant retenir une forte quantité d'eau et acquérant par la dessiccation une grande dureté.

La seconde, provenant de Mittelhausbergen, est le lehm des coteaux et des champs si fertiles des environs de Strasbourg; très-riche en carbonate de chaux, elle offre peu de plasticité : sa constitution du reste est très-homogène.

Enfin, la troisième est la terre du potager du Liebfrauenberg, formée de sable quartzeux très-riche en débris organiques, restes d'anciennes et de fortes fumures.

Une condition essentielle, pour avoir des résultats comparables, étant d'opérer dans les mêmes circon-

stances, on introduisait 50 grammes de terre avec 100 centimètres cubes de la dissolution ammoniacale dans un flacon qu'on bouchait rapidement pour agiter. Quand la terre était déposée, on enlevait avec une pipette graduée 50 centimètres cubes du liquide éclairci pour y doser l'ammoniaque, dans l'appareil de M. Boussingault, en ayant la précaution de recueillir les produits de la distillation dans de l'acide titré. On connaissait donc ainsi l'ammoniaque restée en dissolution, et, par suite, celle que la terre avait prise.

Quoiqu'on ait eu soin d'opérer dans des conditions identiques, il y a eu pour la même terre, avec des liqueurs d'une force égale, des divergences s'élevant de 10 à 15 pour 100 dans la quantité d'ammoniaque absorbée. Les résultats réunis dans ce tableau sont les moyennes d'un grand nombre d'expériences.

	AMMONIAQUE dans 100 centimètres cubes de la dissolution.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gr. de terre.
	gr	gr
Terre de Bechelbronn	0,355	0,056
Id	0,117	0,032
Id..............	0,029	0,014
Terre du Liebfrauenberg........	0,355	0,035
Id..............	0,117	0,026
Id..............	0,059	0,019
Id..............	0,029	0,011
Terre de Mittelhausbergen.......	0,355	0,024
Id..............	0,117	0,017
Id..............	0,029	0,008

Ces nombres n'ont rien d'absolu, ils sont principa-

lement modifiés par la force de la dissolution ; ils varient même avec le temps, car un contact prolongé détermine une légère augmentation dans la quantité d'ammoniaque absorbée.

	AMMONIAQUE dans 100 centim. cubes de dissolution.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gramm. de terre après 4 heures.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gramm. de terre après 24 heures.	DIFFÉRENCES.
	gr	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn....	0,355	0,048	0,059	0,011
Id............	0,117	0,030	0,035	0,005
Terre du Liebfrauenberg	0,117	0,024	0,029	0,005
Terre de Mittelhausbergen	0,117	0,015	0,018	0,003

Ces résultats sont loin de faire naître l'idée d'une combinaison chimique en proportions déterminées ; les expériences, répétées sur un sel ammoniacal, paraissent plus favorables à cette opinion, car l'absorption, pour une même terre, dans des conditions identiques, présente en effet une assez grande régularité ; mais sitôt que la force de la dissolution varie, l'absorption n'est plus la même, elle ne subit pas, comme avec l'ammoniaque, de changement notable après un contact prolongé, mais elle est toujours plus élevée.

	AMMONIAQUE dans 100 centimètres cubes de dissolution de chlorhydrate.	AMMONIAQUE absorbée par 50 grammes de terre.
	gr	gr
Terre de Bechelbronn.........	0,379	0,090
Id................	0,038	0,020
Terre du Liebfrauenberg........	0,379	0,043
Id................	0,038	0,010
Terre de Mittelhausbergen......	0,379	0,055
Id................	0,038	0,018

Comme M. Way l'a annoncé, la base seule est absorbée, tandis que l'acide reste en totalité en dissolution associé en général à la chaux; je me suis assuré que la décomposition s'arrête strictement à la quantité de sel correspondant à l'ammoniaque fixée, et la dissolution, neutre avant la réaction, reste, après son contact avec le sol, sans action sur les réactifs colorés.

Ces expériences me persuadèrent du caractère purement physique de la faculté absorbante particulière au sol, il ne restait qu'à trouver une substance qui, tout en n'ayant pas la composition complexe de la terre arable, possédât néanmoins cette curieuse propriété.

Ce qui s'était passé avec la terre du Liebfrauenberg, presque totalement exempte de composés alumineux, me fit penser que la matière organique (l'humus) pourrait bien jouer un rôle actif dans l'absorption de l'ammoniaque. Le premier essai a été fait sur du terreau retiré d'un chêne creux de la forêt de Gœrsdorf; 50 grammes furent introduits dans 100 centimètres

cubes d'une dissolution contenant $0^{gr},355$ d'ammoniaque libre; au bout d'une heure toute odeur ammoniacale avait disparu, le terreau avait beaucoup augmenté en volume, de façon à rendre la décantation impossible; la disparition de l'odeur pouvait être attribuée à la formation de l'humate d'ammoniaque, je recommençai de nouvelles expériences dans lesquelles je me trouvai obligé de changer les proportions relatives d'humus et de solution alcaline.

20 grammes d'humus, introduits dans 100 centimètres cubes d'une dissolution renfermant $0^{gr},117$ d'ammoniaque, en fixèrent en deux heures $0^{gr},077$ à l'état insoluble.

10 grammes du même humus, introduits dans 100 centimètres cubes d'une dissolution renfermant $0^{gg},355$ d'ammoniaque, en fixèrent $0^{gr},125$ en deux heures.

Enfin,

10 grammes, introduits dans 200 centimètres cubes d'une dissolution renfermant $0^{gr},352$ d'ammoniaque, en fixèrent en vingt heures $0^{gr},127$.

Le terreau se comporte donc, dans ce cas, exactement comme la terre arable; il en est de même de la tourbe, qui possède avec l'humus une assez grande analogie.

25 grammes de tourbe, laissés pendant quelques heures en digestion dans 100 centimètres cubes d'eau contenant $0^{gr},355$ d'ammoniaque, en ont fixé $0^{gr},177$.

Rien ne prouve mieux, dans ces phénomènes, l'indifférence de la nature chimique du corps absorbant, que l'influence du noir animal sur une dissolution ammoniacale.

50 grammes de noir en grain, dans 100 centimètres cubes de

dissolution contenant $0^{gr},352$ d'ammoniaque, en ont absorbé $0^{gr},014$.

50 grammes du même noir, calciné au-dessous du rouge, et placés dans les mêmes conditions, ont retenu $0^{gr},026$ d'ammoniaque.

Enfin,

20 grammes de noir lavé à l'acide et calciné, représentant 56 grammes de noir en grain avant le traitement, ont absorbé, de 100 centimètres cubes de dissolution renfermant $0^{gr},473$ d'ammoniaque, $0^{gr},093$ d'alcali;

Quantité trois fois aussi forte (en tenant compte de la force de la dissolution) que celle absorbée par le même poids de charbon uni à l'élément calcaire.

Ces matières, tout en possédant pour l'ammoniaque en dissolution dans l'eau un pouvoir absorbant en général supérieur à celui de la terre arable, restent parfaitement inertes quand elles sont introduites dans la dissolution d'un sel ammoniacal. Le terreau et la tourbe n'absorbent pas, dans ce cas, une trace d'ammoniaque; le noir en grain, en raison de son alcalinité, dont on ne peut le priver, même par des lavages à l'eau excessivement prolongés, met de l'ammoniaque en liberté; enfin, 20 grammes de noir, lavé à l'acide et venant d'être fortement calcinés, introduits dans 100 centimètres cubes d'une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque renfermant $0^{gr},382$ de base, ont fixé $0^{gr},009$ d'ammoniaque, le dosage du chlore prouva immédiatement que l'absorption avait porté sur du sel en nature.

Il ne s'est donc manifesté ici aucune des réactions qui se produisent quand la dissolution est mise en contact avec la terre arable; je n'hésitai pas à attri-

buer cette inaction à l'absence des carbonates, principalement à celle du carbonate de chaux, qu'on rencontre le plus fréquemment dans les sols cultivés. L'expérience, du reste, ne laisse aucun doute à cet égard.

50 grammes de terre de Bechelbronn ont été traités par l'acide chlorhydrique étendu, lavés à grande eau et séchés. La terre ainsi préparée, exempte de carbonates, a conservé intacte la propriété d'absorber l'ammoniaque à l'état libre dans une dissolution; introduite dans 100 centimètres cubes de dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque, contenant $0^{gr},375$ de base, elle n'a pas donné lieu à la moindre absorption d'alcali.

L'inertie de cette terre pouvait provenir de la destruction d'un composé alumineux ou autre, analogue aux silicates dont M. Way admet l'existence dans le sol et dont la fonction spéciale serait d'opérer la décomposition des sels alcalins; il restait donc à déterminer si l'incorporation du carbonate de chaux rendrait au sol la propriété que son élimination lui avait fait perdre.

Pour cela il ne suffisait pas d'y mêler de la craie en poudre fine, on a donc préparé, au moyen d'une eau de chaux très-pure, une dissolution de carbonate de chaux dans l'acide carbonique. La terre, lavée à l'acide, fut introduite dans 1 litre de ce liquide qu'on porta à l'ébullition en agitant constamment, afin de précipiter sur chaque particule terreuse une faible quantité de carbonate calcaire dans un état de division chimique.

Ainsi préparée et séchée, réduite à 45 grammes, la

terre a été agitée avec 100 centimètres cubes de dissolution de chlorhydrate renfermant $0^{gr},354$ de base, le résultat a été le suivant :

Ammoniaque dans 100 centimètres cubes avant la digestion avec la terre..............	$0^{gr},354$
Ammoniaque dans 100 centimètres cubes après la digestion avec la terre..............	$0^{gr},311$
Ammoniaque absorbée par 45 grammes de terre	$0^{gr},043$

La solution précipitait abondamment par l'oxalate d'ammoniaque.

On incorpora de même du carbonate de chaux à 20 grammes de noir animal lavé à l'acide et calciné ; ce noir, introduit dans la solution de chlorhydrate, a donné pour résultat :

Ammoniaque dans 100 centimètres cubes avant le contact avec le noir..................	$0^{gr},354$
Ammoniaque dans 100 centimètres cubes après le contact avec le noir..................	$0^{gr},325$
Ammoniaque absorbée par 20 grammes de noir.	$0^{gr},029$

Il est donc hors de doute que l'absorption de l'ammoniaque par le sol tient essentiellement à la constitution physique de la terre arable et que la décomposition d'un sel ammoniacal, provoquée par les propriétés absorbantes du sol, est rendue possible par la présence du carbonate de chaux ou de magnésie dans un état de division extrême.

J'ai réuni dans ce tableau, rapportés à 1 kilogramme de terre, les résultats des expériences sur l'absorption de l'ammoniaque en dissolution par les diverses substances :

	UN KILOGRAMME DE TERRE ABSORBE D'UNE DISSOLUTION DONNÉE EN QUANTITÉ SUFFISANTE ET CONTENANT PAR LITRE :				
	$3^{gr},556$ d'ammoniaque libre.	$1^{gr},173$ d'ammoniaque libre.	$0^{gr},295$ d'ammoniaque libre.	$3^{gr},794$ d'ammoniaque à l'état de chlorhydrate.	$0^{gr},380$ d'ammoniaque à l'état de chlorhydrate.
	gr	gr	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn........	1,119	0,644	0,283	1,806	0,400
Terre du Liebfrauenberg......	07,12	0,537	0,231	0,863	0,200
Terre de Mittelhausbergen....	0,483	0,339	0,165	1,009	0,362
Terreau de chêne...........	12,591	3,853	»	0,000	»
Tourbe................	7,082	»	»	0,000	»
Noir animal en grain...... ...	0,364	»	»	»	»
Noir animal lavé	3,720*	»	»	0,450	»
Noir animal lavé auquel on a incorporé du carbonate de chaux................	»	»	»	1,440	»
Terre de Bechelbronn, traitée par un acide.............	1,059			0,000	
La même, à laquelle on a incorporé du carbonate de chaux.	»	»	»	0,955	»

* La dissolution renfermait $4^{gr},730$ d'ammoniaque par litre.

Il est bien constaté que le liquide dans lequel l'absorption s'est opérée a perdu une partie de son ammoniaque; cet alcali a-t-il dans ce cas subi une simple absorption, ou bien a-t-il été modifié, transformé en partie en un autre composé azoté sous l'influence du corps absorbant? La réaction qui se passe avec les sels de soude et de potasse était de nature à faire prévoir les résultats, et l'expérience a prouvé que l'ammoniaque se retrouvait, en général, dans la terre arable.

	AMMONIAQUE introduite.	AMMONIAQUE retrouvée.	DIFFÉRENCE.
	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn......	0,355	0,354	— 0,001
Id..............	0,117	0,117	»
Terre du Liebfrauenberg ...	0,178	0,176	— 0,002
Terre de Mittelhausbergen..	0,355	0,353	— 0,002
Id..............	0,117	0,115	— 0,002
Humus de chêne..........	0,352	0,321	— 0,031
Id..............	0,176	0,155	— 0,021
Tourbe..................	0,364	0,339	— 0,025
	Chlorhydrate		
Terre du Bechelbronn......	0,379	0,380	+ 0,001

Il n'en est plus ainsi quand l'ammoniaque s'est trouvée en contact avec l'humus et la tourbe; il y a eu dans ce cas absorption d'oxygène (1), mais en même temps destruction d'une quantité d'alcali très-notable, car pour l'humus elle s'est élevée au $\frac{1}{3}$ dans un cas, au $\frac{1}{4}$ dans l'autre, et pour la tourbe au $\frac{1}{7}$ de l'ammoniaque absorbée. Cette propriété est peut-être pour quelque chose dans la stérilité des terrains tourbeux.

La terre, jouissant de propriétés analogues à celles du noir animal, doit se comporter comme lui avec l'ammoniaque répandue dans un mélange gazeux. M. Way a vu que dans ce cas le chaulage de la terre, loin de favoriser l'absorption de l'ammoniaque, tend à la diminuer.

Introduite dans une atmosphère humide et char-

(1) Soubeiran, *Analyse de l'humus*. Rouen, 1850.

gée d'ammoniaque, la terre peut absorber des quantités considérables de cet alcali, plus grandes quand la terre est humectée que lorsqu'elle est sèche, ainsi :

50 grammes de terre ont été humectés légèrement, puis abandonnés sous une cloche de 3 litres de capacité renfermant $0^{gr},453$ d'ammoniaque. Après trois jours, l'absorption de l'ammoniaque s'est élevée à $0^{gr},206$.

50 grammes de terre sèche, placés dans les mêmes conditions, sans avoir été humectés, n'ont absorbé dans le même espace de temps que $0^{gr},142$ d'ammoniaque et $1^{gr},3$ d'eau.

Il était intéressant de rechercher si de la terre placée dans une atmosphère confinée, ne renfermant que des quantités d'ammoniaque très-limitées, pourrait s'approprier la totalité de l'alcali. On introduisit donc sous la même cloche qui avait servi précédemment, $0^{gr},0094$ d'ammoniaque et 50 grammes de terre de Bechelbronn : au bout de cinq jours l'ammoniaque fixée s'éleva à $0^{gr},0081$. L'action absorbante de la terre s'exerce donc bien plus librement dans l'air qu'au sein d'un liquide; la totalité de l'ammoniaque n'a pas été fixée cependant, et le reste a été retrouvé dans l'eau émanant de la terre, et qui était déposée sous forme de rosée sur les parois de la cloche.

L'air peut être presque totalement privé d'ammoniaque quand il traverse une longue colonne de terre humide; mais si dans ce cas l'air cède facilement son ammoniaque, il l'enlève de même avec beaucoup de facilité, lorsque, privé d'ammoniaque, il passe sur de la terre qui en contient.

L'expérience était disposée de la manière suivante : l'air pris à l'extérieur traversait d'abord une éprouvette renfermant 50 centimètres cubes d'eau ammo-

niacale dans laquelle il se chargeait de vapeur alcaline, passait ensuite à travers 50 grammes de terre en petits fragments humectés et tassés, occupant dans un tube une colonne de $0^{m},32$, pour se laver enfin dans deux éprouvettes renfermant chacune 10 centimètres cubes d'acide sulfurique normal, exigeant, pour être saturés, $0^{gr},2125$ d'ammoniaque.

Au bout d'une demi-heure, on trouva que le titre de l'acide de la première éprouvette n'avait pas changé sensiblement. Dans les 10 centimètres cubes, avec lesquels il fut remplacé, on introduisit quelques gouttes de tournesol qui, en bleuissant, devait indiquer le moment où il fallait mettre fin au passage de l'air ammoniacal. Ce point fut atteint après l'écoulement de 200 litres d'air, l'ammoniaque était ainsi répartie :

On avait introduit dans les 50 centimètres cubes d'eau placés en avant : ammoniaque........................		$0^{gr},364$
On a retrouvé après, dans les 50 centimètres cubes : ammoniaque............	$0^{gr},055$	
Dans l'acide on avait reçu (1) : ammoniaque	$0^{gr},213$	
Ammoniaque retrouvée................	$0^{gr},268$	$0^{gr},268$
Ammoniaque fixée par la terre..........		$0^{gr},096$

(1)

		cc	gr
1re éprouvette.	Titre avant..	34,4	= 0,2125 d'ammoniaque.
	Après.......	0,1	
	Différence...	34,3	= 0,2119
2e éprouvette.	Avant	34,4	
	Après.......	34,25	
		0,15	= 0,009

On fit fonctionner le courant d'air avec la même vitesse; l'eau ammoniacale de l'éprouvette située en avant ayant été remplacée par de l'eau distillée, on recueillit dans les liqueurs acides :

Après l'écoulement de 225 litres d'air : ammoniaque......................	$0^{gr},027$	
Après l'écoulement de 250 litres d'air, on recueillit encore : ammoniaque.......	$0^{gr},021$	
Enfin 620 litres d'air desséché dans l'acide sulfurique bouilli ont entraîné : ammoniaque......................	$0^{gr},006$	
Ammoniaque perdue par la terre.......	$0^{gr},054$	$0^{gr},054$
Ammoniaque retenue par la terre.......		$0^{gr},042$
Dosé directement sur la moitié $0^{gr},0197$, soit en tout......................		$0^{gr},039$
Perte.....		$0^{gr},003$

Soumise à l'influence d'un courant d'air sec, la dessiccation de la terre a été très-rapide, de sorte que la majeure partie de l'air a passé sur la terre privée d'eau. La moitié de la terre fut soumise à la recherche de l'acide nitrique, à l'aide du procédé par l'indigo, dont nous nous servons dans le laboratoire de M. Boussingault. Cette terre, primitivement presque exempte d'acide nitrique, cas très-rare, mais heureux pour la circonstance, n'en contenait que $0^{milligr},1$ environ, dans les 50 grammes employés. Après l'expérience, on a trouvé :

Dans la moitié de la terre . .	$0^{milligr},24$	d'acide azotique.
Pour 59 grammes de terre .	$0^{milligr},48$	»

Cette quantité d'acide azotique était bien faible pour permettre de tirer une conclusion, et l'acide sulfurique, quoique bouilli, inspirait des doutes sur sa pureté. L'expérience fut donc immédiatement re-

commencée, avec cette différence, cependant, que la quantité d'ammoniaque très-faible, introduite dans les 50 centimètres cubes d'eau de la première éprouvette, ne l'était que successivement à intervalles égaux, afin d'avoir constamment un air très-peu chargé de vapeurs ammoniacales. L'acide sulfurique titré employé était dix fois plus faible que l'acide normal.

Un papier de tournesol rouge, très-sensible, placé en avant de la terre, a indiqué nettement, en bleuissant, le passage de l'ammoniaque; un autre, à l'extrémité opposée du tube, faisait voir, par la permanence de sa teinte rouge, que la totalité de l'ammoniaque était retenue dans la terre. Quand ce dernier papier, en commençant nettement à bleuir sur les bords, signala le passage d'une faible quantité d'ammoniaque, on mit fin à l'expérience, qui avait duré neuf jours. Les résultats obtenus ont été :

Ammoniaque introduite en six fois dans 50 centimètres cubes d'eau . .		$0^{gr},0414$
Après le passage de 950 litres d'air : ammoniaque retenue par l'eau . . .	$0^{gr},0101$	
Ammoniaque condensée dans l'acide où était lavé l'air après son passage sur la terre	$0^{gr},0002$	
On a retrouvé : ammoniaque.	$0^{gr},0103$	$0^{gr},0103$
Ammoniaque fixée par la terre		$0^{gr},0311$
La terre humide pesait $55^{gr},41$: après l'avoir bien mêlée, on a dosé dans la moitié : ammoniaque $0^{gr},0137$.		$0^{gr},0274$
Perte.		$0^{gr},0037$ (1)

(1) Il est vraisemblable que cette perte a eu lieu en partie pendant le temps nécessaire pour retirer du tube et mêler la terre humide aussi chargée d'ammoniaque.

L'autre moitié de la terre servit à la recherche de l'acide nitrique,

	milligr.
Le dosage en a indiqué dans la moitié........	2,82
Pour 50 grammes de terre....................	5,64

Il y a donc lieu de croire que de l'ammoniaque avait été transformée en acide nitrique.

L'ammoniaque fixée par de la terre plongée dans une dissolution ammoniacale ne présente pas plus de stabilité que celle qui a été prise dans un gaz.

Exposée à l'air, la terre humide perd, en même temps que son eau, une quantité notable de l'ammoniaque qu'elle avait absorbée.

400 grammes de terre de Bechelbronn, introduits dans 750 centimètres cubes d'eau renfermant $3^{gr},547$ d'ammoniaque, ont fixé $0^{gr},6276$ d'alcali. Cette terre, d'abord égouttée sur un filtre, fut exposée à l'air dans une chambre où la température n'atteignit 12 degrés que vers la fin de l'expérience. Quand l'eau s'était dissipée, ce qui avait lieu huit jours après environ, on humectait la terre après en avoir prélevé une partie pour y rechercher l'ammoniaque. La terre avait été arrosée quatre fois quand on fut obligé de mettre fin à l'expérience; les résultats obtenus ont été :

	gr	
400 grammes de terre renfermaient	0,627	d'ammoniaque.
Après la dessiccation............	0,331	»
Après le premier arrosage........	0,265	»
Après le deuxième arrosage......	0,215	»
Après le troisième arrosage......	0,165	»
Après le quatrième arrosage.....	0,146	»

La dispersion de l'ammoniaque, dans un air froid et calme, a été assez rapide; malgré les arrosements

et les dessiccations successives, on a constaté dans cette terre la présence de l'acide nitrique, dont la proportion s'est élevée à $0^{gr},011$ par kilogramme à la fin de l'expérience; cette quantité est au-dessous de ce qu'on a trouvé dans la même terre, non chargée d'ammoniaque, placée à côté comme point de comparaison, mais tenue constamment humide et où l'acide nitrique a été porté de $0^{gr},002$ à $0^{gr},020$ par kilogramme.

Il convenait de rechercher comment se comporterait l'alcali absorbé d'un sel ammoniacal; à cet effet, on introduisit 60 grammes de terre de Bechelbronn dans 100 centimètres cubes d'eau renfermant $0^{gr},379$ d'ammoniaque à l'état de chlorhydrate.

Ammoniaque dans les 100 centimètres cubes.		$0^{gr},379$
Ammoniaque dans 50 centimètres cubes décantés	$0^{gr},1413$	
Ammoniaque dans 250 centimètres cubes d'eau de lavage.	$0^{gr},1488$	
	$0^{gr},2901$	$0^{gr},290$
Ammoniaque retenue par 60 gr. de terre.		$0^{gr},089$

Exposée a l'air et maintenue humide pendant vingt-deux jours, cette terre renfermait :

Ammoniaque	$0^{gr},043$
Acide nitrique	$0^{gr},0025$

Pendant qu'il s'est dissipé la moitié de l'ammoniaque, il s'est formé par kilogramme $0^{gr},039$ d'acide nitrique.

La terre chargée d'ammoniaque en perd donc une grande quantité, quand elle est exposée à l'air dans

un endroit où il n'y a aucune agitation; elle en perd de même quand la terre est soumise à l'influence d'un courant d'air, à une condition cependant, c'est qu'elle soit humide; si la terre est sèche, l'ammoniaque qu'elle contient jouit d'une grande stabilité. On a vu que la terre sèche, sur laquelle on a fait passer 620 litres d'air privé d'eau, n'a perdu que $0^{gr},006$ de son alcali, tandis que 250 litres d'air, qui se sont écoulés immédiatement auparavant, lorsque la terre était humectée, en ont enlevé $0^{gr},021$; ces $0^{gr},006$ d'ammoniaque ont été entraînés à la faveur de l'eau qui s'est dissipée pendant la dessiccation.

Une autre expérience vient confirmer la première, elle a été faite directement avec de la terre sèche et a fourni des résultats plus nets. Le 17 mars, je divisai en deux parties égales 20 grammes de terre chargée d'ammoniaque, après l'avoir bien broyée et mêlée dans un mortier.

Dix grammes de terre, soumis immédiatement au dosage, ont donné :

Ammoniaque... .... $0^{gr},0067$.

Les autres 10 grammes furent exposés dans la même pièce, à la même place où avait été faite l'expérience rapportée plus haut sur la dissipation de l'ammoniaque. Le 29 avril, après quarante-trois jours d'exposition à l'air, on trouva dans les 10 grammes de terre :

Ammoniaque....... $0^{gr},0064$.

La perte ne s'est donc élevée qu'à $0^{gr},0003$, tandis que la même terre, également chargée d'ammoniaque et réunie en masse plus grande, a perdu, en moins

de temps, par trois arrosages et dessiccations successifs, près de la moitié de son alcali.

Il est donc hors de doute que la présence ou l'absence de l'eau a une grande influence sur les conditions de stabilité de l'ammoniaque dans le sol; il reste à déterminer comment cet alcali entre en dissolution.

Quand, au lieu d'agiter la terre avec une dissolution ammoniacale, on l'introduit dans un tube, de manière à forcer le liquide à la traverser, on remarque alors qu'il y a une absorption plus prononcée pour des solutions de force égale. Ainsi, sur 25 grammes de terre, occupant dans un tube une hauteur de $0^{m},12$, on a versé une dissolution de chlorhydrate contenant, dans 100 centimètres cubes, $0^{gr},378$ d'ammoniaque; après deux heures on avait reçu 50 centimètres cubes de liquide filtré, dans lesquels l'ammoniaque dosée a été. . . . . $0^{gr},128$
Dans les deuxièmes 50 centimètres cubes qui avaient mis le même temps à s'écouler. . . . . $0^{gr},189$

25 grammes de terre avaient donc fixé $0^{gr},061$ d'ammoniaque soutirés, sans aucun doute, aux premières parties du liquide écoulé.

Je pensai qu'en opérant de la même manière avec des liquides dix fois plus faibles, il serait possible d'obtenir, après la filtration, une eau exempte d'ammoniaque. La solution contenait $0^{gr},019$ d'ammoniaque par 50 centimètres cubes; après douze heures et demie on avait reçu 150 centimètres cubes, qui fournirent les résultats suivants :

		Ammoniaque dans le liquide filtré. gr	Ammoniaque retenu par la terre. gr
Ire.	50 centimètres cubes...	0,0019	0,0171
IIe.	»	0,0098	0,0092
IIIe.	»	0,0137	0,0053

La même expérience, répétée avec la même dissolution, en tassant davantage la terre, de manière à ce que 50 centimètres cubes missent dix heures à s'écouler, a donné :

		Ammoniaque dans le liquide écoulé. gr	Ammoniaque absorbé par la terre. gr
Ire.	50 centimètres cubes...	0,0010 (1)	0,0180
IIe.	»	0,0076	0,0114
IIIe.	»	0,0144	0,0046

Après le passage de 50 centimètres cubes de liquide, la propriété absorbante de la terre n'était pas épuisée, et néanmoins l'ammoniaque contenue dans l'eau s'élevait dans un cas à 0^{gr},038, dans l'autre à 0^{gr},020 par litre. Il y avait de l'intérêt à rechercher si, dans ces limites, la terre restait sans action sur les liqueurs ammoniacales. La faiblesse des dissolutions permettant de faire usage d'ammoniaque libre, sans craindre les pertes, je préparai une eau qui contînt par litre 0^{gr},0286 d'alcali.

500 centimètres cubes de ce liquide ont été filtrés rapidement, dans l'appareil qui avait servi précédemment, à travers 25 grammes de terre de Bechelbronn. L'écoulement était terminé après trois heures et demie,

---

(1) La terre avait été humectée avec de l'eau distillée avant l'introduction de la solution ammoniacale, de sorte que l'eau déplacée s'est trouvée mêlée au liquide filtré.

le liquide reçu s'élevait à 489 centimètres cubes, dans lesquels on a dosé $0^{gr},0107$ d'ammoniaque, ainsi :

500 cent. cubes contenaient avant la filtration.	gr 0,0143 d'ammon.
500 cent. cubes contenaient après la filtration.	0,0107
Retenu par les 25 grammes de terre.......	0,0036

La rapidité avec laquelle l'eau s'était écoulée fit penser que le contact entre la terre et le liquide ne s'était pas suffisamment établi. On introduisit donc dans un tube de $0^{m},02$ de diamètre 100 grammes de terre de Bechelbronn, formant une colonne de $0^{m},2$ de haut. Sur ce tube fut renversé un ballon contenant 1 litre de la liqueur ammoniacale faible dont on s'était servi précédemment, de manière à établir un niveau constant qui permît un écoulement très-régulier. L'eau mit un peu plus de vingt-quatre heures à filtrer, on recueillit 952 centimètres cubes de liquide dans lequel on a dosé, ammoniaque $0^{gr},01968$, ce qui donne :

Pour 1 litre d'eau avant la filtration......	gr 0,0286 d'ammon.
Pour 1 litre d'eau après la filtration......	0,0206
Ammoniaque absorbée par 100 gr. de terre.	0,0080

Ces expériences, tout en démontrant qu'il est possible à des eaux très-faiblement ammoniacales de circuler dans le sol, ne permettent pas d'en tirer une conclusion, quant à la solubilité de l'ammoniaque, une fois que celle-ci est absorbée par la terre.

J'ai donné, au commencement de ce Mémoire, les nombres auxquels s'était arrêté M. Way pour la solubilité de l'ammoniaque engagée dans le silicate double qu'il a découvert.

MM. Henneberg et Stohmann (1), en opérant sur de la terre saturée d'ammoniaque, ont trouvé que 1 litre d'eau dissolvait 0gr,050 d'alcali.

Après beaucoup de tentatives faites dans le but de déterminer cette solubilité, il m'a été impossible de fixer un nombre en raison de la divergence des résultats.

Dans une première expérience, 39 grammes de terre de Bechelbronn, contenant 0gr,0146 d'ammoniaque, agités et laissés pendant trois heures avec 250 centimètres cubes d'eau (2), lui ont abandonné

0gr,00342 d'ammoniaque; soit par litre, 0gr,0137.

Satisfait de ce résultat, qui était d'accord avec le chiffre trouvé par M. Way, je ne voyais pas de raisons pour pousser plus loin ces recherches sur la solubilité, quand M. Boussingault me conseilla d'essayer d'épuiser par l'eau l'ammoniaque contenue dans une terre. Espérant hâter l'opération, j'introduisis les 39 grammes de terre, renfermant 0gr,0146 d'ammoniaque, dans 500 centimètres cubes d'eau qui étaient décantés, puis remplacés par la même quantité de liquide avec lequel on l'agitait à plusieurs reprises :

Ire. 500 centimètres cubes, après quelques heures, renfermaient 0gr,00372 d'ammoniaque; par litre, 0gr,0074.

IIe. 500 centimètres cubes, après vingt-quatre heures, renfermaient 0gr,00327 d'ammoniaque.

IIIe. 500 centimètres cubes, après vingt-quatre heures, renfermaient 0,00163 d'ammoniaque.

---

(1) *Loco citato*, p. 45.

(2) L'eau qui a servi à toutes les expériences de dosage consignées dans ce Mémoire était rigoureusement exempte d'ammoniaque.

Au moyen de $1^{lit},5$ d'eau, on avait enlevé à la terre $0^{gr},0086$, presque les deux tiers de son ammoniaque; néanmoins, pour l'épuiser il aurait fallu certainement une quantité d'eau très-forte et un temps considérable; mais pourquoi 500 centimètres cubes d'eau n'ont-ils pas dissous une quantité d'ammoniaque double de celle qui est entrée en dissolution dans 250 centimètres cubes?

Ce résultat surprenant me détermina à doser l'ammoniaque dans 75 centimètres cubes d'eau qui avaient séjourné pendant vingt-quatre heures sur 39 grammes de la même terre :

75 centimètres cubes contenaient $0^{gr},0021$ d'ammoniaque.

Une autre série d'expériences fut faite sur 50 grammes de terre de Bechelbronn dans lesquels on avait introduit à l'état de chlorhydrate l'équivalent de $0^{gr},003$ d'ammoniaque. Les résultats ont été semblables :

50 grammes de terre ont cédé, à 100 centimètres cubes d'eau, 0,00084 d'ammoniaque.

50 grammes de terre ont cédé, à 250 centimètres cubes d'eau, 0,00089 d'ammoniaque.

50 grammes de terre ont cédé, à 500 centimètres cubes d'eau, 0,0012 d'ammoniaque.

En doublant la quantité d'ammoniaque introduite dans 50 grammes de terre, soit $0^{gr},006$,

100 centimètres cubes en ont dissous $0^{gr},00138$.

Enfin, 50 grammes de terre de Mittelhausbergen, auxquels j'avais incorporé $0^{gr},003$ d'ammoniaque, en ont cédé

A 100 centimètres cubes d'eau, $0^{gr},0014$.

On ne peut pas admettre que ces nombres expriment la solubilité de l'ammoniaque une fois que celle-ci est fixée dans la terre. L'eau, mise en contact avec le sol, ne se trouve pas en présence d'un composé ammoniacal dont une certaine partie entrerait en dissolution ; mais pendant que l'eau pénètre la terre, elle se charge d'une quantité d'ammoniaque plus ou moins grande selon la proportion qui en existe dans le sol et la force avec laquelle il la retient, quantité indépendante du volume du liquide.

Dans le cours de ces recherches il n'a été tenu aucun compte de l'ammoniaque préexistant dans la terre arable; l'expérience a prouvé qu'elle s'y trouvait en assez faible proportion pour pouvoir être négligée.

Connaissant le pouvoir absorbant de la terre arable pour l'ammoniaque, il parut extraordinaire d'y trouver des quantités aussi faibles de cet alcali, et en le dosant dans plusieurs échantillons de terres, en même temps que l'acide nitrique qui y existe toujours (1), on obtint les résultats rassemblés dans ce tableau.

---

(1) Boussingault, *Comptes rendus*, t. XLIV, p. 108 (1857).

DÉSIGNATION DES TERRES.	LOCALITÉS.	AMMONIAQUE dans 1 kilog de terre sèche.	ACIDE nitrique dans 1 kilog de terre sèche.	POIDS du litre de terre sèche.
		millig.	millig.	kilogr.
Jardin fortement fumé. — Sable. (Septembre 1858.)......................	Liebfrauenberg..	11,0	93,0	1,300
Champ de topinambours.— Argile (Octobre 1858.).........................	Bechelbronn.....	6,0	2,0	1,400
Champ de blé.— Argile. (Février 1859.).	Id.......	8,6	7,7	1,400
Champ labouré.—Lehm. (Octob. 1858.).	Mittelhausbergen	6,6	18,3	1,200
Champ récemment fumé. — Lehm sablonneux. (Février 1859.)...........	Ile Napoléon près Mulhouse.....	6,1	11,5	1,170
Champ de deux ans de fumure.— Lehm sablonneux. (Février 1859.).........	Id......	2,3	10,4	»
Luzerne de six ans.— Lehm sablonneux. (Février 1859.)	Id......	2,2	6,3	»

On ne saurait s'expliquer comment en se développant dans des milieux aussi peu chargés de substances directement assimilables, une plante pourrait en absorber assez pour subvenir à ses besoins si elle ne les empruntait à des dissolutions, car l'action directe exercée par les racines sur le sol serait insuffisante.

Hales, dans ses admirables *Expériences de Physiologie végétale*, a trouvé que la surface des racines d'un hélianthus, perdant en moyenne par l'évaporation 610 grammes d'eau en douze heures de jour, était de $1^{mq},67$; en admettant, ce qui n'est pas, que l'absorption se fasse sur la surface entière de la racine et que l'action de cette dernière s'étende à une profondeur de $0^{m},002$, l'hélianthus n'exigerait que $6^{lit},68$ de terre. Or la pratique prouve qu'il faut au moins à l'hélianthus un espacement de $0^{m},40$ à $0^{m},50$

c'est-à-dire 48 à 75 litres de terre, en admettant $0^{m},3$ pour la profondeur de la couche arable.

Hales a de même déterminé la surface des racines d'un chou qui transpirait par jour 580 grammes d'eau : il l'a trouvée de $0^{mq},02$, tandis qu'il faut au chou un espacement au moins de $0^{m},50$, c'est-à-dire 75 litres de terre. La diffusion de l'ammoniaque dans le sol a lieu dans certaines limites; on a vu qu'une terre humide laissait échapper constamment à l'état de vapeur une partie de son ammoniaque, l'eau en entraîne en dissolution de manière à la répandre dans le sol. En mettant au fond d'un pot à fleur, placé dans une soucoupe, 50 grammes de terre de Bechelbronn à laquelle on avait fait absorber $0^{gr},08$ environ d'ammoniaque, et par-dessus, séparée par un mince canevas, 50 grammes de la même terre exempte de cet alcali, et arrosant le système par le bas, on a trouvé après onze jours, dans les 50 grammes de terre placés dans la partie supérieure, $0^{gr},027$ d'ammoniaque.

Les expériences rapportées dans ce Mémoire s'accordent avec celles de MM. Thomson et Way qui établissent qu'une eau très-chargée d'ammoniaque ne traverse pas la terre comme si elle traversait un filtre; l'alcali est retenu, qu'il soit à l'état libre ou à l'état de sel : dans ce dernier cas, j'ai trouvé que la force des solutions étant la même, l'absorption est constamment plus élevée.

Je me crois fondé, en outre, à tirer de ces expériences les conclusions qui suivent :

La propriété de la terre arable d'absorber l'ammoniaque dépend presque exclusivement de la constitution physique des substances minérales et même des

matières organiques dont elle est formée, comme cela résulte de l'action exercée par le terreau, la tourbe et le noir animal, sur une solution ammoniacale; les deux premiers décomposent en même temps une proportion assez notable d'alcali.

L'existence d'un carbonate dans le sol est indispensable, pour que la terre décompose un sel ammoniacal en en retenant la base; on donne au noir animal cette propriété en lui incorporant du carbonate de chaux. La décomposition s'arrêtant strictement à la quantité de sel dont l'ammoniaque est fixée, la force qui détermine l'absorption est assez puissante pour provoquer cette double décomposition On sait du reste avec quelle facilité se décomposent les sels ammoniacaux en présence du carbonate de chaux. M. Boussingault a démontré que le carbonate de chaux humide, en présence d'un sel ammoniacal fixe, met en liberté, à la longue et par l'effet de la dessiccation, la totalité de l'ammoniaque à l'état de carbonate volatil (1); il en est de même lorsqu'on fait bouillir une dissolution très-étendue de chlorhydrate en présence de carbonate calcaire.

L'absorption de l'ammoniaque par la terre, dans une atmosphère qui s'en trouve très-chargée, est considérable, comme M. Way l'a annoncé (2). Quand l'air, quoique ne contenant que des quantités d'ammoniaque très-faibles, est tamisé à travers une longue co-

---

(1) Boussingault, *Économie rurale*, 1re édition, t. II, p. 104.

(2) *Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres*, t. XV, p. 491 et suivantes.

lonne de terre, celle-ci absorbe la presque totalité de l'ammoniaque qu'elle perd de nouveau en grande partie par l'action d'un courant d'air humide. Ces expériences ne permettent pas de tirer une conclusion relativement à l'absorption, par la terre, de l'ammoniaque contenue dans l'atmosphère, car dans l'expérience où cet alcali se trouvait répandu en plus faible proportion dans le milieu gazeux, il y en avait dans l'air qui a traversé l'appareil 225 fois autant que l'on en a signalé dans l'air qui circule à la surface du globe.

Dans la terre chargée d'ammoniaque, exposée à l'air et humectée, il y a eu production d'acide azotique, mais cette production n'a cependant pas été assez prononcée si on la compare à celle qui a eu lieu dans les expériences sur la nitrification de la terre végétale faites au Liebfrauenberg, en 1857, par M. Boussingault, pour que l'on puisse affirmer qu'elle soit due à une transformation de l'alcali volatil.

L'ammoniaque absorbée par la terre jouit d'une grande stabilité tant que la terre reste sèche; mais sitôt que l'eau intervient, elle provoque la dissipation de l'ammoniaque; ce dernier phénomène est bien connu des agriculteurs qui pratiquent le parcage, car l'urine dont un sol se trouve imprégné à la surface est putréfiée au bout de vingt-quatre heures, la température étant de 15 degrés; elle émet alors des vapeurs ammoniacales qui peuvent donner lieu à des pertes appréciables, si l'on ne retourne pas la terre par un prompt labour. Cette volatilisation de l'ammoniaque dans la terre arable convenable est un fait qui a été constamment observé par M. Boussingault, dans les

recherches qu'il a exécutées avec M. Léwy sur l'atmosphère confinée du sol (1).

Un sol, selon sa richesse en ammoniaque et la force avec laquelle il la retient, n'en cède à l'eau que des quantités plus ou moins fortes, indépendantes jusqu'à un certain point de la proportion du liquide. Une eau très-faiblement ammoniacale paraît du reste posséder la propriété de circuler dans le sol; car dans les expériences rapportées dans ce Mémoire, l'eau n'a jamais été complétement privée de son alcali par la terre arable, même quand elle n'en contenait que des proportions extrêmement limitées. En tenant compte de la faible dose d'ammoniaque qui existe dans le sol arable, de sa solubilité pour minime qu'elle soit et par suite de sa diffusion; sachant de plus que les réactions des autres alcalis, sauf la volatilité, sont identiques à celles de l'ammoniaque; il paraît assez probable que les plantes choisissent la majeure partie de leurs aliments dans des solutions très-étendues, où se trouve l'élément azoté qui leur est indispensable à l'état d'ammoniaque et d'acide nitrique. Il n'est pas douteux qu'il en est ainsi, les végétaux aquatiques en donnent la preuve, et les expériences de M. Boussingault ont établi qu'une plante acquiert un complet développement sur un sol formé d'un sable de quartz pur préalablement calciné, ayant pour engrais unique du nitrate de potasse, des phosphates, des cendres alcalines. Dans ces conditions le végétal est donc nécessairement obligé de puiser ses aliments dans une dissolution.

---

(1) Boussingault, *Mémoires de Chimie agricole*.

SUR

LE DOSAGE DE L'AMMONIAQUE

DANS LES EAUX.

§ Ier. — Dès que Théodore de Saussure eut constaté dans l'air de faibles quantités d'ammoniaque, il était facile de prévoir que la pluie présenterait des traces du même alcali. Cependant, bien que l'observation de Saussure ait été publiée en 1804, ce fut seulement en 1825 que M. Brandes signala, entre autres substances, des sels ammoniacaux dans les eaux pluviales. Depuis, alors que l'on commençait à comprendre le rôle important de l'ammoniaque dans les phénomènes de la végétation, M. Liebig confirma le résultat énoncé par M. Brandes, en en mettant la présence hors de doute, non-seulement dans l'eau tombée pendant les orages, mais dans la pluie, dans la neige, et il insista très-particulièrement sur l'influence que cet alcali, apporté dans le sol par la pluie, exerce sur le développement des plantes. Pour apprécier cette influence, il est évident qu'il ne suffit pas de savoir que la pluie renferme de l'ammoniaque, mais qu'il faut encore connaître combien elle en contient. Aussi, dans un remarquable travail sou-

mis au jugement de l'Académie, M. Barral a-t-il rendu un véritable service à la science agricole en introduisant, dans la question de l'ammoniaque atmosphérique, la notion de quantité, sans laquelle il est absolument impossible de se former une idée tant soit peu exacte de ce que 1 hectare de terre reçoit d'azote assimilable par les eaux météoriques.

Jusqu'à présent, l'attention des chimistes semble avoir été uniquement dirigée sur l'ammoniaque des eaux pluviales, bien que, au point de vue agricole, il y ait peut-être tout autant d'intérêt à doser cet alcali dans l'eau des fleuves, des rivières et des sources, si souvent employée à l'irrigation, surtout dans les contrées méridionales, où, pendant la plus grande partie de l'année, l'arrosage est le seul moyen possible d'humecter le sol (1). Il est vrai qu'il est tout naturel de déduire la présence de l'ammoniaque dans l'eau qui coule à la surface de la terre, de celle de l'ammoniaque dans la pluie; mais il reste toujours la question de quantité. J'ajouterai, toutefois, que c'est dans une eau de rivière, dans l'eau de la Seine, qu'on a rencontré, pour la première fois, cet alcali dans une eau potable; la découverte en a été faite en 1811, par M. Chevreul, alors qu'il étu-

---

(1) Cette remarque n'est pas applicable à un très-habile chimiste de Fécamp, M. Marchand, qui, dans un travail considérable sur la composition des eaux de puits, de sources et de rivières des arrondissements du Havre et d'Yvetot, a dosé l'ammoniaque. M. Marchand a trouvé que les eaux analysées contiennent, par litre, de $0^{millig},23$ à $1^{millig},47$ d'ammoniaque.

diait le principe colorant du bois de campêche.

Si rien n'est plus facile que de déceler des traces d'ammoniaque dans une eau, le dosage, quand on l'applique à la détermination de très-petites quantités, offre de telles difficultés, il exige d'ailleurs un temps si long, qu'il est à craindre que, malgré tout l'intérêt qu'il y aurait à multiplier les observations, leur nombre ne soit jamais considérable. Cependant, ce n'est qu'en les réitérant dans les situations les plus diverses, qu'on parviendra un jour à savoir si le climat, les saisons, l'état de l'atmosphère, la direction des vents, la constitution géologique du sol, influent sur la proportion d'ammoniaque contenue dans les eaux.

Dans l'espoir de faciliter ce genre de recherches, et pour contribuer autant qu'il dépendait de moi à l'étude de questions qui intéressent, à un haut degré, l'agriculture et la physique du globe, j'ai imaginé une méthode qui, tout en donnant une garantie suffisante d'exactitude, peut être exécutée avec une grande rapidité. C'est cette méthode que je vais exposer; j'indiquerai ensuite l'application que j'en ai faite à l'examen des eaux.

A la température ordinaire, l'ammoniaque manifeste une très-forte affinité pour l'eau; cette affinité décroît rapidement par l'action de la chaleur : aussi une dissolution ammoniacale perd-elle tout son gaz alcalin par l'ébullition. Il y avait donc tout lieu de croire qu'en distillant de l'eau renfermant de l'ammoniaque, l'alcali serait dégagé en grande partie, quand le liquide approcherait de 100 degrés, et que, par conséquent, l'eau n'en retiendrait qu'une quantité insignifiante. Cependant, en considérant qu'il

est rare que les eaux de pluies, de rivières, de sources, contiennent plus de $\frac{1}{1000000}$ d'ammoniaque, j'ai pensé que, malgré son peu d'affinité pour l'eau chaude, le gaz ammoniac pourrait bien, en étant retenu par l'influence de la masse, ne se dégager qu'avec la vapeur aqueuse qui, en se condensant dans le réfrigérant de l'appareil distillatoire, reconstituerait de l'eau ammoniacale. C'est, en effet, ce qui arrive, et le procédé que j'ai suivi est fondé sur cette proposition : *Quand on distille de l'eau renfermant une très-faible proportion d'ammoniaque, l'alcali se retrouve en totalité dans les premiers produits de la distillation.*

L'appareil distillatoire dont je fais usage consiste en un ballon de 2 litres de capacité A (*fig.* 2, *Pl. II*), placé sur un fourneau. Le bouchon du ballon est traversé par deux tubes : l'un *b* est droit et pénètre dans l'intérieur jusqu'à 2 ou 3 millimètres du fond du ballon ; c'est par ce tube qu'on introduit l'eau à distiller, et qu'on la retire après la distillation. L'autre tube *c*, courbé comme on le voit dans la figure, conduit la vapeur dans le réfrigérant *d*, dont le serpentin et le manchon qui l'enveloppe sont en verre (1). Le diamètre intérieur du tube *c* est d'environ 1 centimètre ; il est nécessaire que ce tube ait au moins cette largeur, pour que, pendant l'ébullition, il n'y ait pas de liquide entraîné. Le bouchon *e* qui ferme le col du ballon, est recouvert par un manchon de caoutchouc qu'entoure, sur toute sa surface, un ruban de fil des-

---

(1) J'ai trouvé, depuis, que le serpentin en verre peut être remplacé sans aucun inconvénient pour la précision des expériences, par un serpentin en étain fin, établi dans un manchon en laiton.

tiné à le maintenir. Ce caoutchouc est façonné en *culotte*, de manière à ce que les tubes *b* et *c* soient parfaitement liés au manchon. Le manchon *e* n'est pas indispensable, surtout si l'on a de bon liége; on peut, dans ce cas, le remplacer par la disposition indiquée à la *fig.* 3, *Pl. II*, consistant en un anneau de caoutchouc, qui assujettit solidement le bouchon au col du ballon. L'extrémité du tube *c* qui pénètre dans le serpentin est également assujettie au moyen d'un caoutchouc recouvert d'un ruban de fil. E est un réservoir contenant l'eau destinée à rafraîchir le serpentin; *g* un tube de Mariotte, pour régulariser l'écoulement.

L'eau est introduite dans le ballon au moyen d'un petit entonnoir qu'on place à l'orifice du tube *b*. Lorsque les $\frac{8}{10}$ ou $\frac{9}{10}$ de l'eau qui doit être distillée ont pénétré dans le ballon, on verse quelques centimètres cubes d'une dissolution alcaline faite avec une quantité connue d'hydrate de potasse qu'on a calciné au rouge avant de le dissoudre, puis on ajoute le reste de l'eau pour entraîner la dissolution alcaline, et l'on ferme l'ouverture du tube *b* avec un petit bouchon. On peut alors procéder à la distillation. Quand la vapeur commence à se condenser dans le réfrigérant, il est bon de modérer l'ébullition, à l'aide de la porte du cendrier; l'ébullition, cependant, doit être assez forte et bien soutenue. Le liquide distillé est reçu dans des fioles portant un trait indiquant une certaine capacité, soit de 50, de 100 ou de 200 centimètres cubes, si l'on agit sur 1 litre d'eau, *fig.* 4, *Pl. II*. On n'est parfaitement certain d'avoir toute l'ammoniaque, qu'autant qu'on a recueilli les $\frac{2}{5}$ du liquide

soumis à la distillation. On peut, par exemple, retirer un premier et un second produit, chacun de 200 centimètres cubes.

La distillation terminée, le feu est retiré, et, bien avant que le résidu soit refroidi, on le retire du ballon. A cet effet, on adapte, au moyen d'un caoutchouc, le tube courbé à angle droit *i*, à l'extrémité inférieure *h* du serpentin; ensuite on fixe, par le même moyen, le tube courbe *j*, à l'orifice débouché du tube *b*, de manière à former un siphon. Il suffit de souffler par le tube *i* dans l'intérieur du ballon, pour amorcer ce siphon, par lequel sort le liquide. Après avoir enlevé les tubes *i* et *j*, on recharge de nouveau. Il n'est aucunement nécessaire, comme on voit, de démonter l'appareil pour en faire sortir l'eau lorsqu'une opération est achevée; le travail est en quelque sorte continu.

L'ammoniaque, une fois isolée de ses combinaisons et concentrée dans les premiers produits de la distillation, est dosée par la méthode alcalimétrique par les volumes, inventée par Descroizilles, perfectionnée par Gay-Lussac, et appliquée de la manière la plus heureuse, par M. Peligot, à la détermination de l'azote des matières organiques (1).

---

(1) A l'occasion du dernier paragraphe de ce passage de mon Mémoire, M. Bineau, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, a adressé à l'Académie une Lettre que je crois devoir reproduire ici :
« La communication de M. Boussingault sur les eaux potables de » Paris m'appelle à faire remarquer que les eaux de Lyon se signalent » également par l'exiguïté de la proportion d'ammoniaque. Pour une » partie notable d'entre elles, cette situation s'est déjà trouvée établie » dans le Rapport relatif à la question judiciaire qui me fit faire le

On dose l'ammoniaque en introduisant dans l'eau ammoniacale un volume déterminé d'acide sulfurique *titré*, c'est-à-dire un volume d'eau acidulée dont on connaît l'acide réel; puis, on cherche quel est le vo-

---

» travail mentionné dans les Mémoires de l'Académie de Lyon (1851, » p. 197), et à l'occasion duquel j'ai insisté sur la facilité d'évaluer » l'ammoniaque, à quelques centièmes de milligramme près. Je fus » amené alors à comparer une série assez considérable d'eaux pota- » bles, dont un certain nombre étaient prétendues infectées par les » eaux d'infiltration d'une usine à gaz. Or, dans les eaux examinées, » l'ammoniaque ne s'offrit jamais à une dose supérieure à $\frac{1}{20}$ de mil- » ligramme par décilitre.... J'ai, depuis lors, essayé, à diverses épo- » ques, les eaux de nos rivières, ainsi que quelques autres, et l'am- » moniaque s'y est toujours trouvée au-dessous de la proportion » indiquée, même dans la source de notre Jardin des Plantes, où » pourtant l'azote abonde, car elles renferment environ 2 décigrammes » de nitrate par litre.

» Je me suis beaucoup moins occupé de l'ammoniaque des eaux de » sources ou de rivières que de celle de l'air ou des pluies, faisant » de celle-ci l'objet d'un assez long travail auquel je pense mettre » bientôt un terme. Le genre d'appareil que j'ai décrit, il y a sept » ans, à la Société d'Agriculture de Lyon, m'offrait habituellement une » capacité suffisante. L'appareil que j'ai employé quand j'ai voulu » opérer sur des litres de liquides, analogue au précédent, différait » de celui de M. Boussingault principalement parce que, n'ayant pas » de serpentin pour assurer la complète condensation des vapeurs, il » eût exposé davantage à une déperdition d'ammoniaque, mais qu'on » en évitait la chance en forçant les produits aériformes à ne s'échap- » per au dehors qu'après avoir traversé un tube garni de fragments » de verre humectés d'acide. C'était l'acide titré lui-même, quand la » dose d'ammoniaque devait être évaluée immédiatement; mais quand » le liquide distillé était fort considérable, je préférais évaporer la li- » queur et opérer sur le résultat de sa concentration....

» Pour des appréciations d'une grande délicatesse, j'ai reconnu, » d'ailleurs, la nécessité (dans les expériences effectuées dans les » appareils dont je me sers) d'introduire une correction relative à » l'alcali fixe passant, sous une forme quelconque, à la distillation. » Cette correction est fort legère et devient inutile, soit quand le

lume d'une liqueur alcaline nécessaire pour compléter la saturation de l'acide, commencée par l'ammoniaque qu'il s'agit de doser. Voici comment M. Peligot procède à la préparation de l'acide titré : On prend $61^{gr},250$ d'acide sulfurique pur monohydraté; c'est l'acide sulfurique du commerce préalablement distillé, qu'on a fait bouillir dans une capsule de platine, et qu'on a laissé refroidir sous une cloche. Dans un matras d'une capacité de 1 litre, on met d'abord de l'eau pure, puis on y ajoute les $61^{gr},250$ d'acide; on lave la fiole dans laquelle cet acide a été pesé, le lavage est versé dans le matras-litre, qu'on achève de remplir avec de l'eau jusqu'à la marque tracée circulairement sur le col du matras, comme indicateur de

---

» dosage n'a pas besoin d'atteindre ses dernières limites de précision,
» soit quand il y a peu de liquide distillé, soit quand on cherche seu-
» lement à établir des différences entre des résultats d'opérations
» semblablement exécutées.

» Je me félicite vivement de voir M. Boussingault déclarer hautement la préférence qu'il accorde aux procédés *ammonimétriques* basés sur les liqueurs titrées. Mais puisque, généralement à Paris, l'habitude se conserve encore d'en attribuer l'invention à un membre de l'Académie, qu'il me soit permis de rappeler ce que j'ai imprimé dans les Mémoires de l'Académie de Lyon (année 1851, p. 197); qu'on veuille bien se souvenir qu'aussitôt après la communication faite à l'Académie des Sciences, par M. Peligot, au sujet du procédé en question, j'ai eu l'honneur d'adresser un exemplaire de la description que j'en avais donnée déjà à la Société d'Agriculture de notre ville l'année précédente, et qui avait été publiée dans ses *Annales*, t. IX, p. 585. »

J'ajouterai qu'en appliquant son procédé de dosage, M. Bineau a trouvé dans la pluie tombée à Lyon une quantité d'ammoniaque beaucoup plus grande que celle constatée par M. Barral dans la pluie recueillie à l'Observatoire de Paris.

la capacité de 1 litre. Les dernières portions d'eau qui doivent élever le liquide au niveau du trait indicateur, ne sont ajoutées qu'alors que la masse est à une température peu différente de celle à laquelle on doit opérer. La liqueur acide titrée est conservée, pour l'usage, dans un flacon : il est clair que, par la manière dont on l'a préparée, 100 centimètres cubes d'acide contiennent 6^{gr},125 d'acide sulfurique monohydraté. Or on sait que cette quantité d'acide exige, pour être saturée, 2^{gr},120 d'ammoniaque : 10 centimètres cubes de ce même acide, volume qu'on prend ordinairement, quand ils seront saturés, équivaudront à 0^{gr},212 d'ammoniaque.

On prépare la liqueur alcaline en dissolvant de la potasse à la chaux dans de l'eau distillée; il est bon d'en avoir une réserve de quelques litres. Cette préparation se fait en tâtonnant, de manière à obtenir un liquide dont l'alcalinité soit telle, qu'il en faille un peu moins d'une burette, environ 33 centimètres cubes. On détermine d'ailleurs exactement le titre de la liqueur alcaline par rapport au titre de l'acide, en versant dans un verre 10 centimètres cubes d'acide titré, mesurés avec une pipette graduée; on met de l'eau jusqu'à ce que le volume du liquide occupe 50 à 60 centimètres cubes, et l'on colore en rouge faible par l'addition d'un peu d'infusion de tournesol. Tenant alors la burette à l'alcali d'une main, pendant que de l'autre on agite rapidement, avec une baguette de verre, le liquide acide, on verse goutte à goutte, mais sans interruption, la dissolution alcaline, jusqu'à ce que la teinte rouge de la liqueur contenue dans le verre vire au bleu; c'est ce point qu'il faut saisir,

c'est l'indice de la neutralisation de l'acide par l'alcali : après quelques instants, la liqueur bleue acquiert une nuance rouge dont il ne faut nullement se préoccuper. La saturation doit être considérée comme parfaite, lorsque la nuance bleue se manifeste dans toute la masse du liquide; c'est alors qu'il faut lire, sur la graduation de la burette, combien de centimètres cubes ont été employés pour produire cet effet. Ce nombre de centimètres cubes exprime le titre de la dissolution alcaline, c'est-à-dire ce qu'il faut de cette dissolution pour représenter le pouvoir saturant de $0^{gr},212$ d'ammoniaque.

Le titre de la dissolution alcaline une fois établi, rien de plus simple que de déterminer la quantité d'ammoniaque que renferme un liquide, à la seule condition que cet alcali soit à l'état caustique. Dans ce liquide, dont le volume doit être renfermé dans les limites fixées précédemment, on introduit une pipette de 10 centimètres cubes d'acide normal; on colore par le tournesol, et l'on cherche combien il faut d'alcali pour arriver au point de saturation convenu, pour faire virer la couleur rouge au bleu. Supposons, par exemple, que le titre de la dissolution alcaline soit $33^{cc},2$, et que, après avoir été mêlés avec le liquide ammoniacal, les 10 centimètres cubes d'acide normal n'exigent plus que $13^{cc},5$ de la même dissolution alcaline, pour être saturés; on obtiendra le volume de l'acide qui a été saturé par l'ammoniaque, et, par suite, le poids de cet alcali, de la manière suivante :

L'acide normal exigeait.....	$33^{cc},2$	d'alcali v.
Il n'a plus exigé que........	$13^{cc},5$	d'alcali v'.
Différence...	$19^{cc},7$	d'alcali $v - v'$.

Cette différence fait connaître le volume de l'acide qui a été saturé par l'ammoniaque que contenait la liqueur. En effet, $33^{cc},2$ d'alcali est à 10 centimètres cubes d'acide, comme $19^{cc},7$ d'alcali est à x; $x = 5^{cc},934$. Mais 10 centimètres cubes équivalent à $0^{gr},212$ d'ammoniaque; donc $5^{cc},934$ d'acide équivaudront à $0^{gr},1258$ de cet alcali : ce qui revient à multiplier la différence $v - v'$ par le poids de l'ammoniaque p, que saturent 10 centimètres cubes de l'acide normal, et à diviser le produit par $33^{cc},2$. Quant au degré de précision qu'il est permis d'atteindre, il serait $\frac{0^{gr},212}{332} = 0^{gr},00064$, si l'on pouvait répondre de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube dans la mesure de la dissolution alcaline; mais comme l'incertitude est certainement de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube; qu'il y a deux opérations à faire en comprenant celle du titrage, il s'ensuit que l'erreur pourrait aller à $0^{gr},0013$, dans l'exemple que j'ai choisi. Dans les cas ordinaires de l'analyse organique, lorsque l'on dose l'ammoniaque pour fixer la proportion d'azote, ce degré d'exactitude est suffisant si l'on agit sur une quantité convenable de matière azotée; mais il n'en est plus ainsi quand on se propose de rechercher l'ammoniaque que renferme une eau, et que, d'ailleurs, pour rendre l'opération rapide sans renoncer à une grande exactitude, on opère sur un seul litre de liquide. Il faut alors prendre certaines précautions, qu'on peut négliger sans inconvénient dans les recherches ordinaires.

Puisque, par l'emploi des liqueurs titrées, le poids de l'ammoniaque est $\frac{(v - v')p}{v}$, il est clair que ce poids sera d'autant plus faible, que p le sera lui-même, v restant invariable. Or, comme les eaux de rivières, de sources, de pluie contiennent bien rarement plus de 5 milligrammes d'ammoniaque par litre, il est facile d'apprécier un poids très-minime d'alcali, en prenant 1 volume d'acide saturable par $5^{\text{milligr}},3$ d'ammoniaque. Il suffira, par exemple, de verser dans le matras-litre 25 centimètres cubes de l'acide normal de M. Peligot, dont j'ai donné plus haut la préparation; en achevant de remplir le matras avec de l'eau pure bien exempte d'alcali, on aura une liqueur acide, dont une pipette de 10 centimètres cubes sera saturée par $0^{\text{gr}},0053$ d'ammoniaque. Si maintenant on a une dissolution de potasse assez étendue pour qu'on soit obligé d'en ajouter 33 centimètres cubes pour saturer la pipette d'acide, il serait possible de doser $\frac{0^{\text{gr}},0053}{339} = 0^{\text{gr}},000016$ d'ammoniaque, si l'on répondait de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube dans l'emploi de la dissolution alcaline; mais, admettant une incertitude des 2 divisions de la burette à alcali, on trouve qu'on arrive encore à doser $\frac{3}{100}$ de milligramme d'ammoniaque. Afin que ce degré de précision ne soit pas illusoire, il faut prendre plusieurs mesures qui tendent à atténuer les causes d'erreurs que comportent les diverses parties du procédé.

Le verre, particulièrement le verre des vases qui n'ont pas servi, est alcalin. Les chimistes familiarisés avec les méthodes de l'analyse minérale savent que de

l'acide sulfurique pur, récemment distillé, laisse, par l'évaporation, un résidu très-appréciable quand il a été conservé pendant quelque temps dans un flacon. On sait aussi que le verre est assez alcalin pour absorber, à la longue, du gaz acide carbonique. Il est donc nécessaire de mettre préalablement en contact avec de l'acide sulfurique assez fort, les flacons, les pipettes destinés à conserver ou à mesurer l'acide titré; les serpentins, les fioles où se rend le produit de la distillation.

L'infusion de tournesol est alcaline; il est bon d'en diminuer l'alcalinité. A cet effet, on divise une quantité donnée de teinture en deux volumes égaux; l'un des volumes est rougi par un acide, puis on le réunit à l'autre. On peut, en réitérant cette opération, obtenir une teinture bleue d'une très-grande sensibilité et très-peu alcaline; néanmoins, pour communiquer à la liqueur acide dont on a à fixer le titre, la teinte rouge, il faut compter le nombre de gouttes d'infusion de tournesol que l'on emploie, à l'aide d'un tube effilé, et, dans tous les cas, pour le même volume d'acide ajouter toujours le même nombre de gouttes. Les liquides ammoniacaux que l'on doit titrer, occupent un volume de 100 et même de 200 centimètres cubes. Je fais usage, pour opérer la saturation, de verres à fond plat, verres de table, de 250 à 500 centimètres cubes de capacité. La difficulté, quand on agit sur 100, et à bien plus forte raison sur 200 centimètres cubes de liquide acide à saturer, est de bien saisir le point où toute la masse a viré du rouge au bleu. La dissolution alcaline a, en raison de sa faiblesse, une densité si peu différente de celle de l'eau, que, malgré une forte agi-

lation circulaire imprimée au liquide lorsqu'on prévoit le point de saturation, le mélange de l'alcali avec les couches inférieures du liquide ne se fait qu'avec une certaine lenteur très-nuisible à l'instantanéité du phénomène de coloration. On obvie à cet inconvénient en préparant la dissolution alcaline avec de l'eau saturée de sulfate de potasse. Ce liquide, quoique très-faiblement alcalin, est assez dense pour gagner le fond de la liqueur acide, à mesure qu'il sort goutte par goutte du bec de la burette; et par l'agitation le mélange a lieu très-rapidement. C'est mon préparateur, M. Houzeau, qui a eu l'idée d'augmenter ainsi la densité d'une liqueur très-faiblement alcaline, par l'intervention du sulfate de potasse.

Dans l'appareil que j'ai décrit, on soumet à la distillation 1 litre d'eau; si l'on considère que par les liqueurs titrées on répond de 3 centièmes de milligramme dans le dosage de l'ammoniaque, on reconnaîtra que cette quantité est suffisante. Mais s'il y a lieu d'agir sur quelques litres, on introduit dans le ballon, soit de l'eau dans laquelle, au moyen de plusieurs distillations successives faites avec soin, on a concentré l'ammoniaque provenant d'un certain nombre de litres d'eau, soit le résultat de l'évaporation d'une eau qu'on aura acidulée pour retenir l'ammoniaque.

S'il est très-important de disposer l'appareil de manière à ce que, pendant l'ébullition dans le ballon, il n'y ait pas de liquide entraîné, c'est qu'il y a nécessité d'ajouter à l'eau qu'on distille une certaine quantité de potasse, et cela pour deux raisons : d'abord, pour décomposer les sels fixes d'ammoniaque qui pour-

raient s'y trouver; ensuite pour fixer l'acide carbonique qu'elle contient toujours, quelquefois même en telle proportion, qu'il imprime au produit de la distillation une réaction acide assez prononcée pour occasionner une perturbation grave dans le titre de la liqueur ammoniacale. Un appareil, s'il laissait passer, même en très-petite quantité, le liquide du ballon, devrait être rejeté, car son emploi obligerait à introduire une correction pour l'alcali fixe qui s'ajouterait à l'alcali volatil qu'il s'agit de doser. En se conformant aux dispositions que j'ai indiquées, il arrive un moment où le liquide, distillé avec une addition de potasse, ne donne plus le moindre indice de la présence d'un alcali.

La première chose à faire pour juger le degré de précision que comportait le procédé que j'avais adopté, c'était d'opérer sur de l'eau dans laquelle on introduirait des quantités connues d'ammoniaque; ce qui était facile, en se servant de liqueurs ammoniacales préalablement titrées, ou de sels ammoniacaux dont on connaissait le poids et la composition. Les résultats fournis par les premières expériences furent très-singuliers, en ce qu'on retirait le plus souvent plus d'alcali qu'on n'en avait mis. C'est que l'eau distillée apportait quelquefois autant d'ammoniaque qu'il y en avait eu d'ajoutée. Dans quelques cas, le contraire arrivait; la liqueur distillée, loin d'amoindrir le titre de l'acide normal en fournissant de l'alcali, l'augmentait sensiblement par l'intervention de l'acide carbonique. Ces anomalies ne disparurent que lorsqu'on fit usage d'eau successivement distillée avec du sulfate d'alumine et avec de la potasse; ou bien

encore, en prenant de l'eau distillée après l'avoir fait bouillir jusqu'à la réduire à la moitié de son volume par l'évaporation, afin d'en expulser, en totalité, l'acide carbonique et l'ammoniaque. Voici les détails de quelques-unes des expériences exécutées dans ces conditions.

Une pipette d'acide normal, équivalant à $0^{gr},0106$ d'ammoniaque, était saturée par $32^{cc},3$ de liqueur alcaline.

A 10 centimètres cubes de liqueur ammoniacale préparée pour ces expériences, on a mêlé deux pipettes d'acide normal, qui auraient demandé, pour être saturées, $64^{cc},6$ du liquide alcalin; la saturation du mélange a eu lieu avec $27^{cc},0$; différence, $37^{cc},6$:

$$64^{cc},6 : 0^{gr},0212 :: 37^{cc},6 : x = 0^{gr},01234.$$

Dix centimètres cubes de la liqueur ammoniacale renfermaient donc $0^{gr},01234$ d'ammoniaque.

Dans 1 litre d'eau pure, on en a introduit 20 centimètres cubes, soit $0^{gr},02468$ d'ammoniaque. L'eau a ensuite été distillée dans l'appareil; le produit a été fractionné par volume de 50 centimètres cubes, que l'on a *titrés* à mesure qu'on les obtenait, après y avoir mêlé, pour le premier *titrage*, deux pipettes d'acide normal saturant chacune $32^{cc},3$ du liquide alcalin. A partir du second *titrage*, on n'a plus employé qu'une pipette d'acide normal.

1°. 50^{cc}. Titre de l'acide : Avant.	32,3
Après.	26,6
Différence...	5,7
Pour la 2e pipette d'acide normal	32,3
	38,0 éq. à ammoniaq. $0^{gr},01247$

			cc	
2°. 50^{cc}.	Titre :	Avant	32,3	
		Après	13,8	
		Différence...	18,5	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00607$
3°. 50^{cc}.	Titre :	Avant	32,3	
		Après	23,1	
		Différence...	9,2	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00302$
4°. 50^{cc}.	Titre :	Avant	32,3	
		Après	27,7	
		Différence...	4,6	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00151$
5°. 50^{cc}.	Titre :	Avant	32,3	
		Après	29,9	
		Différence...	2,4	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00079$
6°. 50^{cc}.	Titre :	Avant........	32,3	
		Après.......	31,0	
		Différence....	1,3	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00043$
7°. 50^{cc}.	Titre :	Avant.......	32,3	
		Après	31,6	
		Différence...	0,7	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00023$
8°. 50^{cc}.	Titre :	Avant	32,3	
		Après	31,9	
		Différence...	0,4	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00013$
9°. 50^{cc}.	Titre :	Avant......	32,3	
		Après......	32,1	
		Différence...	0,2	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00007$

Ammoniaque retirée.............. $0^{gr},02472$

Ammoniaque ajoutée.............. $0^{gr},02468$

Gain pendant l'opération... $0^{gr},00004$

On est donc retombé exactement sur la quantité

d'ammoniaque introduite dans le litre d'eau, puisque la différence est à peu près sur la limite de la précision que présente le procédé. Dans cette expérience, on a eu soin d'ajouter dans le ballon, après chaque prise de 50 centimètres cubes de liquide distillé, 50 centimètres cubes d'eau pure, afin de conserver toujours le même volume d'eau en ébullition. Comme l'ammoniaque ajoutée à l'eau était à l'état caustique, on n'a pas eu besoin de faire intervenir la potasse dans la distillation.

On a mis dans 1 litre d'eau pure 20 centimètres cubes de la même dissolution ammoniacale contenant $0^{gr},02468$ d'ammoniaque. Le liquide distillé a été titré par volume de 100 centimètres cubes.

La pipette d'acide normal saturait $32^{cc},5$ de liqueur alcaline.

		cc	
1°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	32,5	
	Après......	6,5	
	Différence...	26,0	
Pour la 2e pipette d'ac. normal.		32,5	
	Différence...	58,5	éq. à ammoniaq. $0^{gr},01908$
2°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	32,5	
	Après......	19,6	
	Différence...	12,9	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00420$
3°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	32,5	
	Après......	29,3	
	Différence...	3,2	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00104$
4°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	32,5	
	Après......	31,7	
	Différence...	0,8	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00026$

5°. 100^{cc}. Titre : Avant..... $32^{cc},5$
Après..... 32,3

Différence... 0,2 éq. à ammoniaq. $0^{gr},00007$

Ammoniaque retirée............ $0^{gr},02465$
Ammoniaque ajoutée........... $0^{gr},02468$

Perte pendant l'opération... $0^{gr},00003$

Dans cette expérience, l'eau était remplacée après chaque prise de 100 centimètres cubes. On n'avait pas fait intervenir la potasse; dans l'expérience suivante, on a ajouté à l'eau ammoniacale introduite dans l'appareil, une solution renfermant 4 à 5 décigrammes d'hydrate de potasse, qu'on avait chauffé au rouge avant de le dissoudre. Cette introduction était faite pour voir s'il y aurait de l'alcali fixe entraîné pendant l'ébullition. On a titré par volume de 100 centimètres cubes. Une pipette d'acide normal équivalent à $0^{gr},0106$ d'ammoniaque était saturée par $33^{cc},2$ de la dissolution alcaline, titre de la liqueur ammoniacale.

Dix centimètres cubes étant mêlés à une pipette d'acide normal on a eu :

Titre : Avant.... $33^{cc},2$
Après..... 15,5

Différence... 17,7 équiv. à ammoniaq. $0^{gr},005651$

On a fait entrer dans 1 litre d'eau pure 20 centimètres cubes de cette liqueur, soit $0^{gr},01130$ d'ammoniaque; l'eau volatilisée n'a pas été remplacée.

1°. 100^{cc}. Titre : Avant..... $33^{cc},2$
Après..... 7,9

Différence... 25,3 éq. à ammoniaq. $0^{gr},00808$

2°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	$33^{cc},2$	
	Après......	25,6	
	Différence...	7,6	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00243$
3°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	33,2	
	Après......	31,2	
	Différence...	2,0	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00064$
4°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	33,2	
	Après......	32,8	
	Différence...	0,4	éq. à ammoniaq. $0^{gr},00016$
5°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	33,2	
	Après......	33,2	
	Différence...	0,0	
6°. 100^{cc}. Titre :	Avant......	33,2	
	Après......	33,2	
	Différence...	0,0	

Ammoniaque retirée............	$0^{gr},01131$
Ammoniaque ajoutée..........	$0^{gr},01130$
Perte pendant l'opération...	$0^{gr},00001$

L'ammoniaque a été retrouvée en totalité, et, à partir de la cinquième prise, l'acide normal ajouté a conservé son titre, ce qui prouve que, malgré la très-forte ébullition qui a lieu dans le ballon, il n'y a pas de potasse entraînée.

J'ai dû m'assurer que l'on obtenait aussi toute l'ammoniaque d'un sel fixe qu'on décomposerait par l'action de la potasse : $0^{gr},0145$ de sel ammoniac bien sec ont été dissous dans 1 litre d'eau pure; le liquide a été introduit dans le ballon avec une solution alcaline, renfermant 1 gramme d'hydrate de potasse.

La pipette d'acide normal équivalent à $0^{gr},0053$

d'ammoniaque était saturée par 34 centimètres cubes de liqueur alcaline. On a titré chaque volume de 100 centimètres cubes, retirés successivement pendant la distillation, et qu'on n'a pas remplacés.

1°. 100cc.	Titre : Avant......	34cc,0		
	Après......	10,6		
	Différence...	23,4	éq. à ammoniaq.	0gr,00365
2°. 100cc.	Titre : Avant......	34,0		
	Après......	28,8		
	Différence...	5,2	éq. à ammoniaq.	0gr,00081
3°. 100cc.	Titre : Avant......	34,0		
	Après......	32,7		
	Différence...	1,3	éq. à ammoniaq.	0gr,00020
4°. 100cc.	Titre : Avant......	34,0		
	Après......	33,6		
	Différence...	0,4	éq. à ammoniaq.	0gr,00005
	Ammoniaque retirée..........			0gr,00471
	Dans 0gr,0145 de sel ammoniac, il y a, en alcali.			0gr,00470

Toute l'ammoniaque du sel a été obtenue sans que le résultat ait été troublé par l'action de la potasse mise dans le ballon.

Pour retirer l'ammoniaque ajoutée à 1 litre d'eau, on voit qu'il faut pousser la distillation jusqu'à ce qu'on ait volatilisé environ les deux cinquièmes du liquide, ce qui, en titrant même par volume de 1 décilitre, demande encore quatre opérations. Indépendamment de la célérité, il y a, sans aucun doute, plus d'exactitude à diminuer le nombre des titrages; en procédant, par exemple, par volume de 2 décilitres, on peut, le plus souvent, ne titrer que deux fois, et

cela avec autant de facilité, quand une fois on en a pris l'habitude.

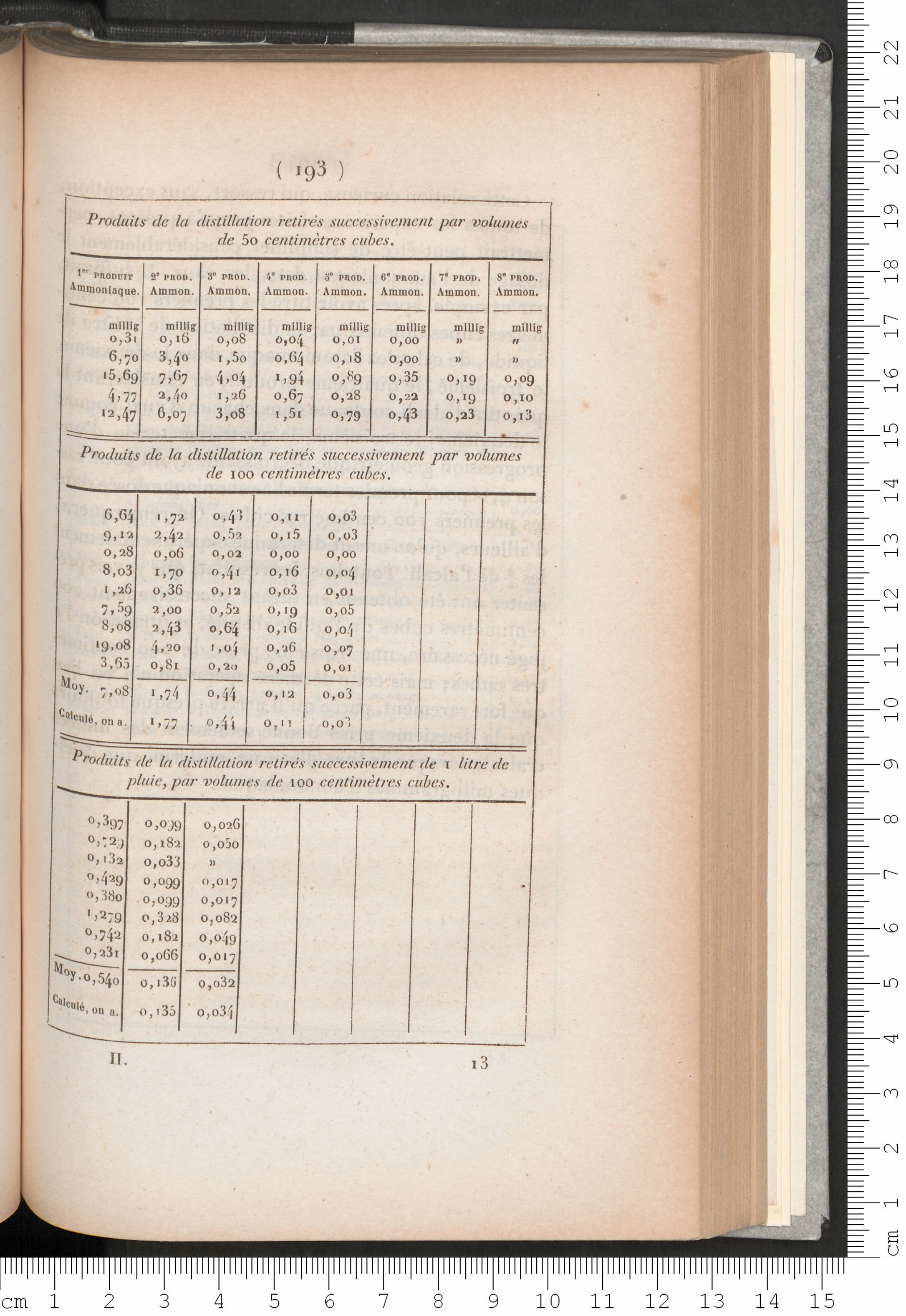
Dans 1 litre d'eau pure, on a mis 10 centimètres cubes d'une dissolution ammoniacale renfermant 0gr,00413 d'alcali. La liqueur étant dans le ballon, on a ajouté une solution de potasse, dans laquelle il entrait 0gr,64 d'hydrate de potasse. La pipette d'acide normal équivalait à 0gr,0106 d'ammoniaque, et saturait 33 centimètres cubes de dissolution alcaline. On a titré par volume de 200 centimètres cubes.

1°. 200cc.	Titre : Avant......	33,0 cc		
	Après......	20,8		
	Différence...	12,2	éq. à ammoniaq.	0gr,00392
2°. 200cc.	Titre : Avant......	33,0		
	Après......	32,7		
	Différence ..	0,3	éq. à ammoniaq.	0gr,00016
	Ammoniaque retirée............			0gr,00408
	Ammoniaque ajoutée...........			0gr,00410
	Perte pendant l'opération......			0gr,00002

Ces détails suffisent, et je me bornerai maintenant à présenter les quantités d'ammoniaque trouvées dans les premiers produits de la distillation, afin qu'on puisse se former une idée du degré de précision que comporte le procédé fondé, d'une part sur la distillation, et de l'autre sur le dosage par les liqueurs titrées :

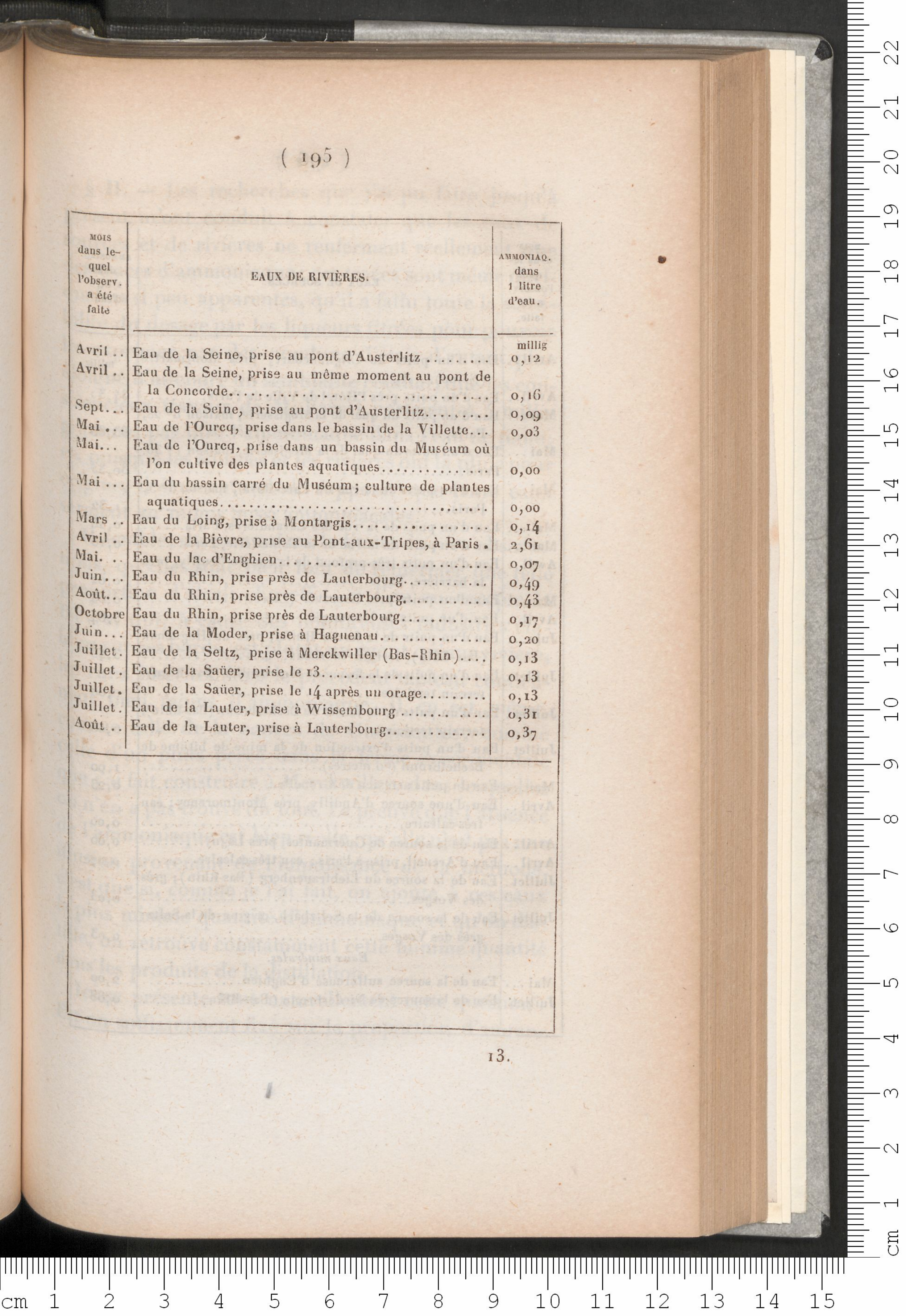
AMMONIAQUE ajoutée.	AMMONIAQUE trouvée.	DIFFÉRENCE.	SENS de la différence.
millig 24,68	millig 24,72	millig 0,04	Gain.
24,68	24,65	0,03	Perte.
11,30	11,31	0,01	Gain.
4,70	4,71	0 01	Gain.
4,10	4,08	0,02	Perte.
12,30	12,24	0,06	Perte.
10,56 ?	10,40	0,16	Perte.
8,36	8,40	0,04	Gain.
4,13	4,10	0,03	Perte.
49,44	49,50	0,06	Gain.
0,36	0,37	0,01	Gain.
0,46	0,46	0,00	»

Dès le commencement des recherches exposées dans ce Mémoire, on reconnut une relation fort simple entre les proportions d'ammoniaque contenues dans les produits obtenus successivement, et en volumes égaux, de la distillation d'une eau faiblement ammoniacale. L'ammoniaque décroît suivant une progression géométrique dont la raison est 2 lorsque, opérant sur 1 litre de liquide, on fractionne le produit distillé par volume de 50 centimètres cubes; de 4 lorsqu'on le retire par volume de 100 centimètres cubes. C'est ce qui ressort évidemment des tableaux où j'ai réuni les résultats obtenus dans l'une et l'autre de ces deux conditions. Quand on retire le liquide distillé par volume de 200 centimètres cubes, comme on l'a fait dans le plus grand nombre de cas, la relation que je signale ne se manifeste plus, parce que la presque totalité de l'ammoniaque se trouve dans le premier produit.

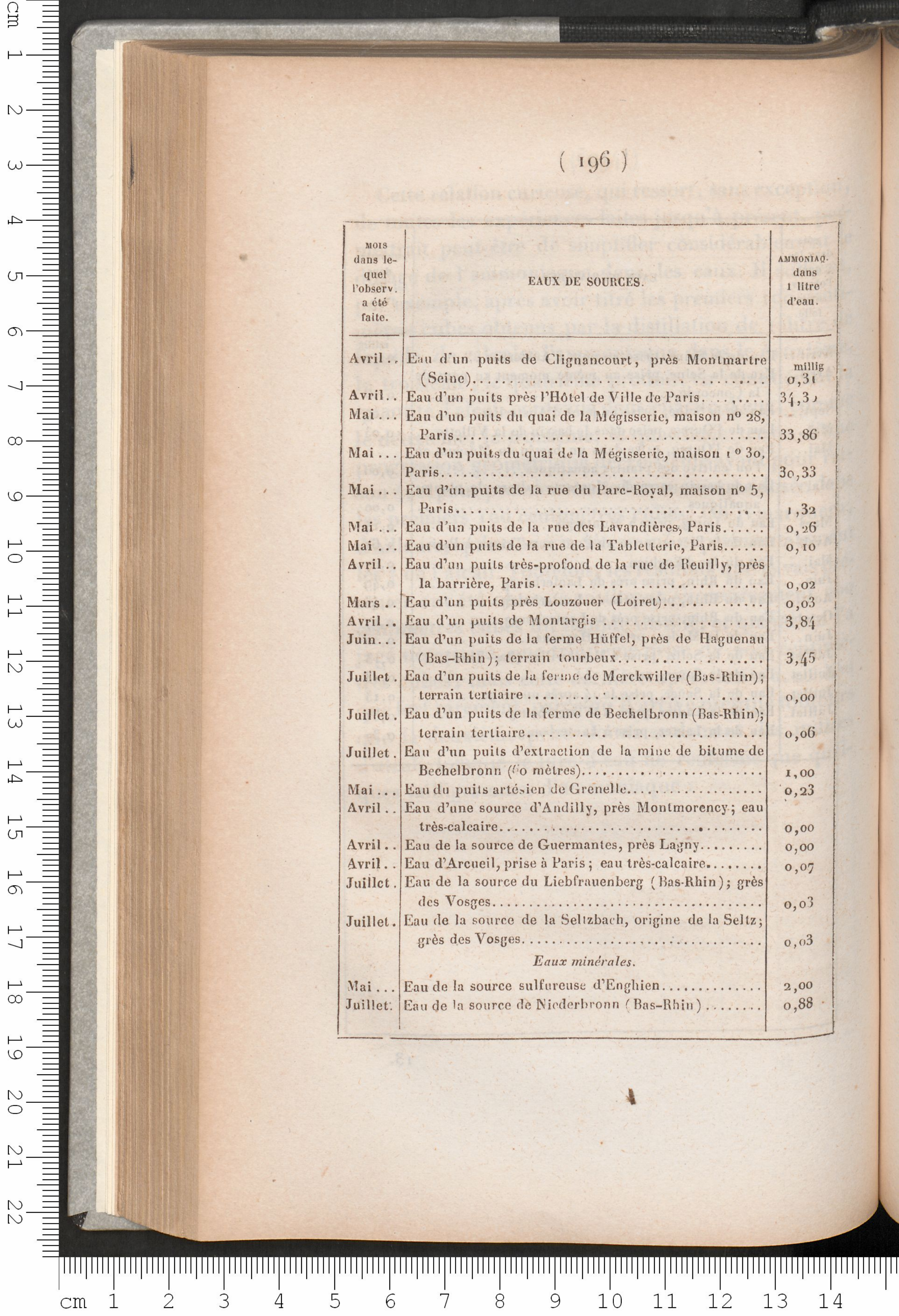


1er PRODUIT Ammoniaque.	2e PROD. Ammon.	3e PROD. Ammon.	4e PROD. Ammon.	5e PROD. Ammon.	6e PROD. Ammon.	7e PROD. Ammon.	8e PROD. Ammon.
Produits de la distillation retirés successivement par volumes de 50 centimètres cubes.							
millig	millig	millig	millig	millig	millig	millig	millig
0,31	0,16	0,08	0,04	0,01	0,00	»	»
6,70	3,40	1,50	0,64	0,18	0,00	»	»
15,69	7,67	4,04	1,94	0,89	0,35	0,19	0,09
4,77	2,40	1,26	0,67	0,28	0,22	0,19	0,10
12,47	6,07	3,08	1,51	0,79	0,43	0,23	0,13
Produits de la distillation retirés successivement par volumes de 100 centimètres cubes.							
6,64	1,72	0,43	0,11	0,03			
9,12	2,42	0,52	0,15	0,03			
0,28	0,06	0,02	0,00	0,00			
8,03	1,70	0,41	0,16	0,04			
1,26	0,36	0,12	0,03	0,01			
7,59	2,00	0,52	0,19	0,05			
8,08	2,43	0,64	0,16	0,04			
19,08	4,20	1,04	0,26	0,07			
3,65	0,81	0,20	0,05	0,01			
Moy. 7,08	1,74	0,44	0,12	0,03			
Calculé, on a.	1,77	0,44	0,11	0,03			
Produits de la distillation retirés successivement de 1 litre de pluie, par volumes de 100 centimètres cubes.							
0,397	0,099	0,026					
0,729	0,182	0,050					
0,132	0,033	»					
0,429	0,099	0,017					
0,380	0,099	0,017					
1,279	0,328	0,082					
0,742	0,182	0,049					
0,231	0,066	0,017					
Moy. 0,540	0,136	0,032					
Calculé, on a.	0,135	0,034					

Cette relation curieuse, qui ressort, sans exception, de toutes les expériences faites jusqu'à présent, permettrait peut-être de simplifier considérablement le dosage de l'ammoniaque dans les eaux. Il suffirait, par exemple, après avoir titré les premiers 100 centimètres cubes obtenus par la distillation de 1 litre de liquide, de calculer l'ammoniaque dans le deuxième, le troisième, le quatrième produit, en considérant la quantité d'alcali contenue dans chacun d'eux, comme le deuxième, le troisième, le quatrième terme d'une progression géométrique décroissante ayant pour raison 4, et pour premier terme l'ammoniaque dosée dans les premiers 100 centimètres cubes. On remarquera, d'ailleurs, qu'on aurait déterminé expérimentalement les $\frac{3}{4}$ de l'alcali. Toutefois, les résultats que je vais présenter ont été obtenus en titrant successivement 200 centimètres cubes du liquide distillé, et quand on l'a jugé nécessaire, une troisième prise de 200 centimètres cubes; mais cette dernière opération n'a eu lieu que fort rarement, parce qu'il arrive presque toujours que la deuxième prise donne seulement des indices d'alcali, lorsque le litre d'eau ne renferme que quelques milligrammes d'ammoniaque :



MOIS dans lequel l'observ. a été faite	EAUX DE RIVIÈRES.	AMMONIAQ. dans 1 litre d'eau.
		millig
Avril ..	Eau de la Seine, prise au pont d'Austerlitz	0,12
Avril ..	Eau de la Seine, prise au même moment au pont de la Concorde.....................................	0,16
Sept...	Eau de la Seine, prise au pont d'Austerlitz.........	0,09
Mai ...	Eau de l'Ourcq, prise dans le bassin de la Villette...	0,03
Mai...	Eau de l'Ourcq, prise dans un bassin du Muséum où l'on cultive des plantes aquatiques................	0,00
Mai ...	Eau du bassin carré du Muséum; culture de plantes aquatiques......................................	0,00
Mars ..	Eau du Loing, prise à Montargis..................	0,14
Avril ..	Eau de la Bièvre, prise au Pont-aux-Tripes, à Paris .	2,61
Mai. ..	Eau du lac d'Enghien...............................	0,07
Juin...	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg............	0,49
Août...	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg............	0,43
Octobre	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg............	0,17
Juin...	Eau de la Moder, prise à Haguenau..................	0,20
Juillet.	Eau de la Seltz, prise à Merckwiller (Bas-Rhin)....	0,13
Juillet.	Eau de la Saüer, prise le 13.......................	0,13
Juillet.	Eau de la Saüer, prise le 14 après un orage.........	0,13
Juillet.	Eau de la Lauter, prise à Wissembourg	0,31
Août ..	Eau de la Lauter, prise à Lauterbourg.............	0,37



MOIS dans lequel l'observ. a été faite.	EAUX DE SOURCES.	AMMONIAQ. dans 1 litre d'eau.
		millig
Avril ..	Eau d'un puits de Clignancourt, près Montmartre (Seine)........................	0,31
Avril ..	Eau d'un puits près l'Hôtel de Ville de Paris........	34,3[illegible]
Mai ...	Eau d'un puits du quai de la Mégisserie, maison n° 28, Paris........................	33,86
Mai ...	Eau d'un puits du quai de la Mégisserie, maison n° 30, Paris........................	30,33
Mai ...	Eau d'un puits de la rue du Parc-Royal, maison n° 5, Paris........................	1,32
Mai ...	Eau d'un puits de la rue des Lavandières, Paris......	0,26
Mai ...	Eau d'un puits de la rue de la Tabletterie, Paris......	0,10
Avril ..	Eau d'un puits très-profond de la rue de Reuilly, près la barrière, Paris........................	0,02
Mars ..	Eau d'un puits près Louzouer (Loiret)..............	0,03
Avril ..	Eau d'un puits de Montargis........................	3,84
Juin...	Eau d'un puits de la ferme Hüffel, près de Haguenau (Bas-Rhin); terrain tourbeux..................	3,45
Juillet .	Eau d'un puits de la ferme de Merckwiller (Bas-Rhin); terrain tertiaire........................	0,00
Juillet .	Eau d'un puits de la ferme de Bechelbronn (Bas-Rhin); terrain tertiaire........................	0,06
Juillet .	Eau d'un puits d'extraction de la mine de bitume de Bechelbronn (60 mètres)........................	1,00
Mai ...	Eau du puits artésien de Grenelle..................	0,23
Avril ..	Eau d'une source d'Andilly, près Montmorency; eau très-calcaire........................	0,00
Avril ..	Eau de la source de Guermantes, près Lagny.........	0,00
Avril ..	Eau d'Arcueil, prise à Paris; eau très-calcaire........	0,07
Juillet .	Eau de la source du Liebfrauenberg (Bas-Rhin); grès des Vosges........................	0,03
Juillet .	Eau de la source de la Seltzbach, origine de la Seltz; grès des Vosges........................	0,03
	Eaux minérales.	
Mai ...	Eau de la source sulfureuse d'Enghien..............	2,00
Juillet.	Eau de la source de Niederbronn (Bas-Rhin)........	0,88

§ II. — Les recherches que j'ai pu faire jusqu'à présent m'ont conduit à constater que les eaux de sources et de rivières ne renferment réellement que des traces d'ammoniaque; ces traces sont même quelquefois si peu apparentes, qu'il a fallu toute la sensibilité du dosage par les liqueurs titrées pour pouvoir les exprimer par des nombres. J'étais d'autant plus éloigné d'attendre un semblable résultat, que les consciencieux travaux de M. Barral portaient à 4 milligrammes par litre l'ammoniaque dans l'eau de pluie; et, puisque les sources et les rivières ont la pluie pour origine, il était naturel de supposer que leurs eaux seraient au moins aussi ammoniacales.

Il semble, du moins dans la limite de mes observations, qu'elles sont bien loin de renfermer une telle proportion d'alcali. En effet, si l'on en excepte la Bièvre, qui, à cause des nombreuses industries établies sur ses bords, est plutôt un égout qu'une rivière, les eaux inscrites dans le précédent tableau contiennent bien moins d'ammoniaque. Il en est même, comme celle de la source de Guermantes, comme celle d'un puits percé dans la ferme expérimentale que j'ai fait construire à Merckwiller, dans lesquelles on n'en a pas trouvé du tout. La preuve que l'absence de l'ammoniaque est bien réelle, qu'elle n'est pas une illusion provenant de l'impuissance de la méthode, c'est que si, comme je l'ai fait, on ajoute à ces eaux la plus minime quantité d'ammoniaque et qu'on distille, on retrouve constamment cette minime quantité dans les produits de la distillation.

Ici se présente tout naturellement cette question : Est-on suffisamment fixé sur la proportion d'ammo-

niaque que contiennent les eaux pluviales, pour admettre que cette proportion est beaucoup moindre dans les eaux de sources et dans les eaux de rivières?

M. Barral a trouvé, en moyenne, $3^{\text{millig}},35$ d'ammoniaque dans 1 litre de la pluie tombée sur la terrasse de l'Observatoire de Paris, pendant le second semestre de 1851 : la proportion la plus forte, $5^{\text{millig}},45$, a été obtenue en décembre; la plus faible, $1^{\text{millig}},08$, en octobre (1).

Lors de la lecture de ce Mémoire à l'Académie des Sciences (2), je n'avais que fort peu d'observations faites sur l'eau météorique; toutefois, ces quelques observations s'accordaient avec celles de M. Barral. Ainsi, dans 1 litre de pluie recueilli à Paris dans la première quinzaine d'avril, j'ai dosé $4^{\text{millig}},34$ d'ammoniaque, c'est-à-dire vingt-sept fois autant que dans l'eau de la Seine, examinée à la même époque, par les mêmes moyens et par le même opérateur. De 1 litre de pluie tombée le 8 mai, on a retiré 3 milligrammes d'ammoniaque. Depuis, j'ai continué à la campagne les recherches que j'avais commencées à Paris, et les résultats obtenus dans ces derniers mois paraîtraient établir que la pluie tombée dans les champs renferme notablement moins d'ammoniaque que la pluie recueillie dans une ville.

Du 26 mai au 18 octobre, j'ai eu l'occasion de faire quarante-sept opérations, et dans les cas les plus nombreux, aucune des eaux n'a contenu, à beaucoup

---

(1) *Recherches analytiques sur les eaux pluviales*; Paris, p. 67.

(2) Ce Mémoire a été lu à l'Académie le 9 mai 1853; mais, depuis, j'ai continué les recherches qui en font le sujet.

près, 1 milligramme d'ammoniaque par litre. Une circonstance qui tendrait à faire croire qu'il y a réellement une différence, c'est que, dans les observations faites à la campagne, il en est quelques-unes qui coïncident avec celles faites les mêmes jours au Conservatoire impérial des Arts et Métiers par M. Houzeau, et dans lesquelles cette différence se manifeste de la manière la plus évidente. Il n'y aurait, au reste, rien de surprenant à ce que la pluie, après avoir lavé l'atmosphère d'une grande cité, contînt plus d'ammoniaque. Paris, sous le rapport des émanations, peut être comparé à un amas de fumier d'une étendue considérable.

L'ancien monastère du Liebfrauenberg, où j'ai recueilli de la pluie pour l'examiner, est sur le versânt oriental de la chaîne des Vosges, à l'extrémité de la vallée de Saüer, et sur la lisière de forêts qui s'étendent jusqu'en Bavière.

MOIS dans lequel les observations ont été faites.		EAUX DE PLUIE.	AMMONIAQUE dans 1 litre d'eau.
			millig
Mai	27, 1853...	Pluie continue..................	0,31
Mai	27...... ...	Pluie recueillie à Paris..........	1,70
Mai	28........	Pluie..........................	0,51
Mai	29........	Pluie d'orage..................	0,35
Mai	30 au 31...	Pluie continue..................	0,25
Juin	2........	Pluie continue..................	0,25
Juin	5........	Pluie non interrompue pendant vingt-quatre heures..................	0,49
Juin	21 au 24...	Pluie continue..................	0,61
Juin	30...	Pluie mêlée de pluie d'orage.......	0,43
Juillet	1 au 2....	Pluie continue....	0,58
Juillet	13........	Pluie de 9 à 10 heures du soir; violent orage..................	0,68
Juillet	16........	Pluie à 9 heures du soir ; il tonne; il a été impossible de constater la présence de l'ammoniaque	0,00
Juillet	25........	A 1 heure de l'après-midi, orage des plus violents; il est tombé beaucoup de grêle dans la plaine. Au Liebfrauenberg, la pluie tombait par torrent, mais sans grêlons........	0,45
		A $9^h\ 30^m$ du soir, pluie abondante, mais de peu de durée............	0,06
Juillet	19 au 25...	A Paris	1,82
Juillet	25........	A Paris, pluie tombée le 25..........	1,56
Juillet	28........	Pluie tombée à 6 heures du matin....	0,69
Juillet	29........	Orage à 4 heures du matin..........	0,15
Juillet	28 au 30...	A Paris	2,00
Août	5........	A 8 heures du matin, averse	2,48
Août	14........	Pluie continue..	0,76
Août	15........	Pluie continue..................	1,86
Août	17........	Pluie	1,36
Août	24........	Pluie	3,38
Août	26........	Pluie	1,32
Août	26........	A Paris, pluie tombée le 26.........	1,06
Août	27........	Pluie	2,13
Août	28........	Pluie	0,49
Août	29........	Pluie	0,37
Août	31........	Pluie	0,79

MOIS dans lequel les observations ont été faites.	EAU DE PLUIE.	AMMONIAQUE dans 1 litre d'eau.
		millig
Sept. 2........	Orage; pluie........................	0,43
Sept. 3........	Pluie pendant la nuit................	0,50
Sept. 4........	Pluie; bruine.......................	1,33
Sept. 6........	Pluie pendant le jour................	0,21
Sept. 6 au 7....	Pluie pendant la nuit................	0,80
Sept. 7........	Pluie pendant le jour................	0,36
Sept. 7 au 8....	Pluie pendant la nuit................	0,15
Sept. 8........	Pluie pendant le jour................	0,11
Sept. 8 au 9....	Brouillard, pluie très-fine pendant la nuit..............................	0,29
Sept. 24........	Pluie...............................	1,52
Sept. 25........	Pluie...............................	0,24
Sept. 28........	Bruine..............................	3,38
Sept. 29 au 30...	Pluie...............................	0,36
Oct. 1........	Pluie...............................	0,61
Oct. 2........	Pluie; grêle........................	0,54
Oct. 7........	Pluie...............................	1,40
Oct. 8........	Pluie, gros grêlons..................	0,60
Oct. 9........	Pluie pendant la nuit................	0,53
Oct. 12........	Pluie pendant la nuit................	0,94
Oct. 14........	Pluie pendant la nuit................	0,25
Oct. 16........	Pluie...............................	0,90
Oct. 17 au 18...	Pluie pendant la nuit................	0,72

Quoique ces proportions d'ammoniaque soient bien inférieures à celles trouvées par M. Barral dans la pluie mesurée à l'Observatoire de Paris, la remarque que j'ai faite subsiste toujours; les eaux qui circulent à la surface du sol paraissent renfermer notablement moins d'alcali que les eaux météoriques. Ainsi, sans attacher une grande valeur à des moyennes déduites d'éléments peu nombreux et incomplets, on voit cependant que l'eau de rivière, j'en excepte la Bièvre, contient en moyenne et par litre $0^{\text{millig}},17$ d'ammo-

niaque. En écartant certains puits évidemment souillés par les matières fécales, par les substances putréfiées dont le terrain des lieux habités est souvent pénétré (1), on reconnaît, d'après treize observations se rapportant à des localités assez diverses, que l'eau de source n'en contiendrait pas plus de $0^{millig},09$ par litre. Or, les quarante-sept déterminations faites sur les pluies tombées au Liebfrauenberg depuis la fin de mai jusqu'en octobre, donnent une moyenne de $0^{millig},79$ d'ammoniaque par litre. C'est quatre fois et demie plus que dans l'eau de rivière; neuf fois plus que dans l'eau des sources et des puits.

La faculté que possède la terre végétale de fixer l'ammoniaque de l'eau qui la pénètre permet d'expliquer comment, en général, les eaux de sources en sont privées. Il n'y a, en effet, que dans les puits souillés par des substances organiques en voie de putréfaction, que l'on rencontre des eaux plus riches en ammoniaque que ne le sont les eaux météoriques. La pluie, en traversant le sol pour alimenter les sources, échange la base des sels ammoniacaux qu'elle renferme pour de la chaux et de la magnésie. Pendant le trajet, les sels d'ammoniaque sont transformés en sels calcaires et magnésiens.

§ III. — Jusqu'à présent, la quantité d'ammoniaque trouvée dans les eaux que j'ai examinées en suivant la méthode exposée dans ce Mémoire, serait, en poids :

Dans les eaux pluviales....	0,0000008
Dans les eaux de rivières...	0,0000002
Dans les eaux de sources...	0,0000001

(1) Les boulangers de Paris préfèrent l'eau des puits à l'eau de la Seine, pour faire la pâte.

Bien que ces nombres soient bien faibles, on pouvait supposer, cependant, qu'ils exprimaient de trop fortes proportions d'ammoniaque, par la raison que toutes les eaux étudiées jusqu'à ce jour ont présenté des traces non équivoques d'une matière organique de nature encore inconnue, mais dans la constitution de laquelle quelques essais autorisent à faire admettre l'azote. Brandes et Zimmermann l'ont signalée dans les eaux météoriques, et sa présence a toujours été constatée dans les eaux de rivières ou de sources dont les analyses ont été faites avec une certaine précision. Quelle que soit d'ailleurs sa nature, il suffit de la supposer azotée, pour soutenir qu'elle peut fournir de l'ammoniaque par l'action de la potasse qu'on fait intervenir, ammoniaque qui s'ajouterait alors à celle que l'eau examinée renfermerait, soit à l'état de carbonate, soit à l'état de sel fixe. Il est vrai que cette matière organique se trouve dans les eaux en si minime proportion, qu'il est en quelque sorte impossible de la saisir, et que, par conséquent, elle ne peut apporter, dans la plupart des cas, que des quantités d'ammoniaque qu'on jugerait négligeables si le procédé d'analyse ne permettait pas de doser des centièmes de milligramme d'alcali. J'ai donc cru devoir rechercher combien d'alcali volatil pourrait fournir une substance riche en azote, facilement décomposable et dissoute dans de l'eau que l'on soumettrait au procédé à l'aide duquel on dose l'ammoniaque.

Dans 1 litre d'eau pure, on a dissous $0^{gr},5$ de gélatine; la dissolution a été introduite dans le ballon de l'appareil et additionnée d'une solution de potasse dans laquelle il entrait 2 grammes d'hydrate de po-

tasse. On a procédé à la distillation en recevant le liquide distillé par volumes de 200 centimètres cubes, dans chacun desquels on a dosé l'ammoniaque.

1°. 200^{cc}. La pipette d'acide saturait : Avant.......... 31,9 de dissolution alcaline (la pip. équiv. à 0^{gr},0106 d'amm.)

Après.......... 31,6

Différence... 0,3 = ammoniaque 0^{millig},10

2°. 200^{cc}. Titre : Avant....... 31,9

Après....... 31,3

Différence... 0,6 = ammoniaque 0^{millig},20

3°. 200^{cc}. Titre : Avant........ 31,9

Après....... 30,8

Différence... 1,1 = ammoniaque 0^{millig},37

4°. 200^{cc}. Titre : Avant..... .. 31,9

Après..... . 28,8

Différence... 3,1 = ammoniaque 0^{millig},03

1^{millig},70

Dans deux autres expériences conduites de la même manière et en agissant toujours sur 0^{gr},5 de gélatine dissoute dans 1 litre d'eau pure, il y a eu de produit, dans un cas, 1^{millig},64, et dans l'autre, 1^{millig},84 d'alcali volatil. Si l'on considère que les 0^{gr},5 de gélatine ont assez d'azote pour donner naissance à 114 milligrammes d'ammoniaque, on s'aperçoit combien l'action de la dissolution alcaline a été peu prononcée. L'énergie de cette action a augmenté à mesure que la liqueur alcaline se concentrait; mais, en somme, et après qu'on eut poussé la distillation jusqu'à réduire le volume du liquide, en ébullition dans le ballon, aux $\frac{2}{10}$ de ce qu'il était au commencement de l'opération, on n'a obtenu encore que $\frac{1}{69}$ de l'alcali qu'auraient

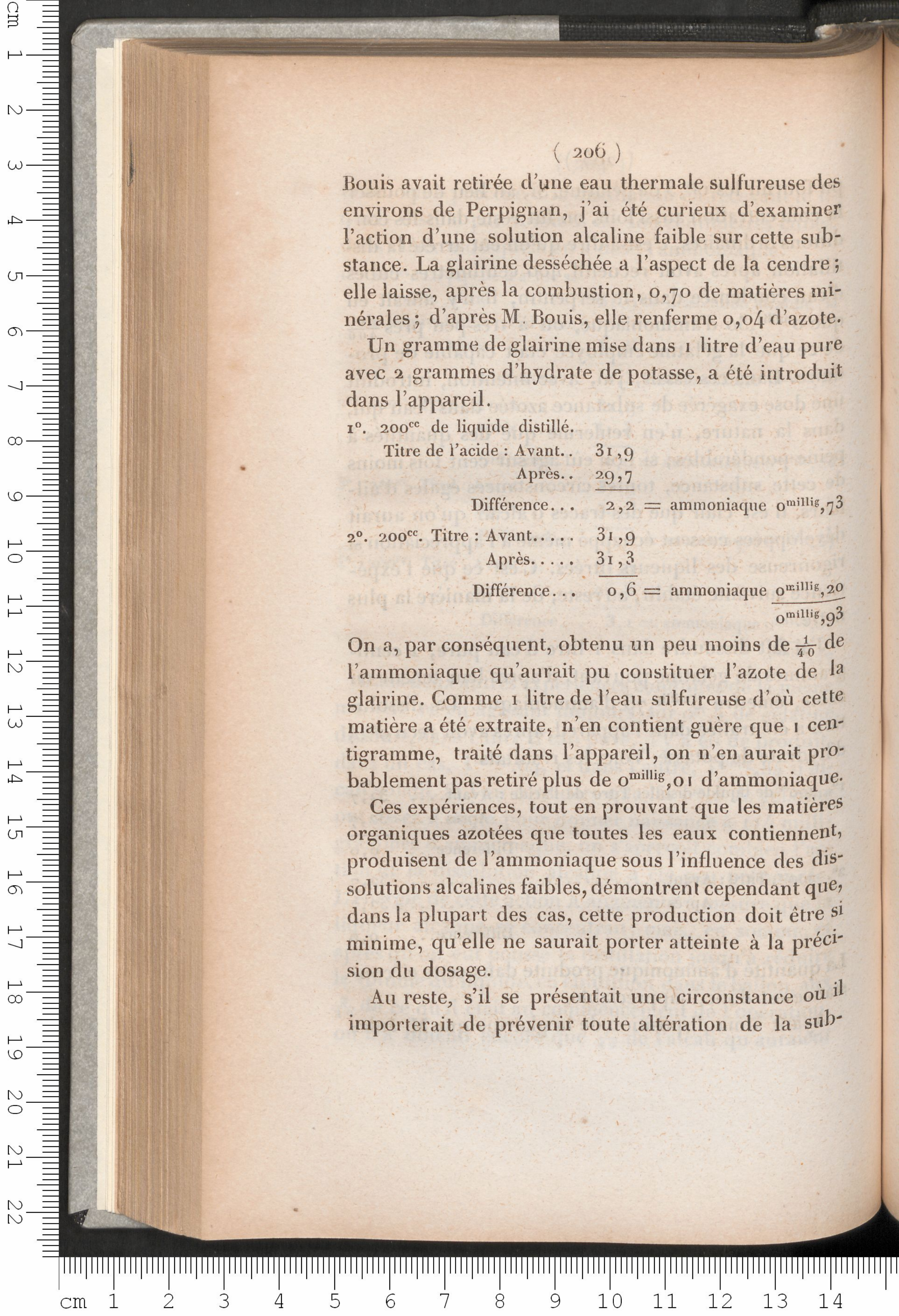
pu fournir les $0^{gr},5$ de gélatine. Si, au lieu de pousser la concentration aussi loin, on fût resté dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire qu'on eût arrêté la distillation après avoir recueilli 400 centimètres cubes d'eau condensée dans le serpentin, il n'y aurait eu que $0^{millig},30$ d'ammoniaque, ou à très-peu près $\frac{1}{400}$ de ce que la gélatine employée était capable de produire. Dans ces essais, j'ai, avec intention, introduit une dose exagérée de substance azotée dans l'eau qui, dans la nature, n'en renferme que des quantités à peine pondérables; si l'on eût agi sur cent fois moins de cette substance, toutes circonstances égales d'ailleurs, il est clair que des traces d'alcali qu'on aurait développées eussent échappé même à l'appréciation si rigoureuse des liqueurs titrées. C'est ce que l'expérience suivante établit, au reste, de la manière la plus nette.

J'ai fait dissoudre dans 1 litre d'eau pure, 2 centigrammes de gélatine pouvant, d'après leur teneur en azote, émettre $3^{millig},76$ d'ammoniaque. La dissolution a été traitée dans l'appareil, après avoir reçu $0^{gr},4$ d'hydrate de potasse. Voici les résultats :

1°. 200^{cc} de liquide distillé. Titre de l'acide :	Avant....	$32^{cc},7$
	Après....	32,7
	Différence ..	0,0
2°. 200^{cc}. Titre :	Avant...........................	32,7
	Après...........................	32,7
	Différence...	0,0

La quantité d'ammonique produite dans cette circonstance est donc inappréciable.

Ayant à ma disposition de la glairine que M. Jules



Bouis avait retirée d'une eau thermale sulfureuse des environs de Perpignan, j'ai été curieux d'examiner l'action d'une solution alcaline faible sur cette substance. La glairine desséchée a l'aspect de la cendre; elle laisse, après la combustion, 0,70 de matières minérales; d'après M. Bouis, elle renferme 0,04 d'azote.

Un gramme de glairine mise dans 1 litre d'eau pure avec 2 grammes d'hydrate de potasse, a été introduit dans l'appareil.

1°. 200^{cc} de liquide distillé.

Titre de l'acide :	Avant..	31,9	
	Après..	29,7	
	Différence...	2,2	= ammoniaque 0^{millig},73

2°. 200^{cc}.

Titre :	Avant.....	31,9	
	Après.....	31,3	
	Différence...	0,6	= ammoniaque 0^{millig},20
			0^{millig},93

On a, par conséquent, obtenu un peu moins de $\frac{1}{40}$ de l'ammoniaque qu'aurait pu constituer l'azote de la glairine. Comme 1 litre de l'eau sulfureuse d'où cette matière a été extraite, n'en contient guère que 1 centigramme, traité dans l'appareil, on n'en aurait probablement pas retiré plus de 0^{millig},01 d'ammoniaque.

Ces expériences, tout en prouvant que les matières organiques azotées que toutes les eaux contiennent, produisent de l'ammoniaque sous l'influence des dissolutions alcalines faibles, démontrent cependant que, dans la plupart des cas, cette production doit être si minime, qu'elle ne saurait porter atteinte à la précision du dosage.

Au reste, s'il se présentait une circonstance où il importerait de prévenir toute altération de la sub-

stance organique, il suffirait, comme je l'ai fait depuis, de substituer la magnésie à la potasse. Du moins, l'expérience a prouvé que, dans les mêmes conditions, la terre alcaline ne réagit pas sur la gélatine. Dans 1 litre d'eau tenant en dissolution $0^{gr},5$ de cette matière azotée, on a mis 2 grammes de magnésie préalablement hydratée; la distillation a été conduite comme à l'ordinaire, en retirant successivement du serpentin des volumes de liquide de 200 centimètres cubes qu'on a titrés.

		cc
1°. 200cc.	Titre de l'acide : Avant.....	32,7
	Après.....	32,7
		0,0
2°. 200cc.	Titre : Avant	32,7
	Après	32,7
		0,0
3°. 200cc.	Titre : Avant	32,7
	Après........... .	32,7
		0,0
4°. 200cc.	Titre : Avant	32,7
	Après	32,9?

§ IV. — On a vu dans un des tableaux précédents que, dans l'eau du lac d'Enghien, l'ammoniaque entre pour moins de $\frac{1}{10}$ de milligramme par litre. J'ai jugé intéressant de rechercher combien en contenait l'eau sulfureuse qui sort tout près du lac, et que M. Bataille, médecin inspecteur, avait bien voulu mettre à ma disposition : 1 litre d'eau en a donné $5^{millig},06$, équivalant à $18^{millig},1$ de bicarbonate. Il est possible que ce sel ammoniacal, qu'on ne mentionne même pas dans les plus récentes analyses, contribue

pour quelque chose aux propriétés médicinales des eaux sulfureuses d'Enghien.

Dans l'eau minérale ferrugineuse de Niederbronn (Bas-Rhin), qui sort des couches inférieures du grès bigarré, j'ai trouvé $0^{millig},88$ d'ammoniaque par litre, soit $3^{millig},15$ de bicarbonate. La source principale débite seule 221 litres d'eau par minute.

§ V. — Il y aurait, dans la détermination de la quantité d'ammoniaque contenue dans l'eau des mers, un sujet de belles et importantes recherches. Dans les résultats des analyses publiées jusqu'à ces derniers temps, on ne voit pas figurer de sels ammoniacaux. MM. Bineau et Marchand, du moins à ma connaissance, sont les premiers qui aient signalé ces sels dans l'eau de la mer : de 1 litre de l'eau prise à deux lieues au large, devant le port de Fécamp, on a retiré $0^{millig},57$ d'ammoniaque.

Je n'ai pu exécuter que deux expériences sur de l'eau que M. Reiset avait eu la bonté de me faire venir de Dieppe; l'examen en a été fait douze heures après qu'elle eut été puisée près de la plage : de 1 litre, on a obtenu $0^{millig},2$ d'ammoniaque.

Ces proportions sont bien faibles, sans doute; mais puisque l'Océan recouvre plus des trois quarts du globe, si l'on envisage sa masse, il est permis de le considérer comme un immense réservoir de sels ammoniacaux, où l'atmosphère réparerait les pertes qu'elle éprouve continuellement.

Les fleuves portent d'ailleurs à la mer de prodigieuses quantités de matières ammoniacales. Je rapporterai un seul fait. D'après M. l'ingénieur Desfontaines, le Rhin, à Lauterbourg, débite, lors des eaux

moyennes, 1106 mètres cubes par seconde (1). On a vu précédemment que l'eau de ce fleuve, prise dans la même localité, a donné, par litre :

En juin.......	0^{millig},49	d'ammoniaque.
En août	0^{millig},43	»
En octobre.....	0^{millig},17	»

En adoptant le moins élevé de ces résultats, on trouve encore qu'en vingt-quatre heures, le Rhin, en passant devant Lauterbourg, entraîne dans ses eaux 16245 kilogrammes d'ammoniaque, c'est-à-dire près de 6 millions de kilogrammes par année.

§ VI. — La neige, comme l'eau de pluie, renferme de l'ammoniaque : 1 litre d'eau provenant de la fonte de la neige tombée à Paris dans le mois de mars, en a donné 0^{millig},70.

La neige, en séjournant sur un champ, produit d'excellents effets; c'est ce qu'admettent les cultivateurs. Elle retarde le refroidissement de la terre en la protégeant contre le rayonnement nocturne, souvent si intense; elle agit alors comme un écran. J'ai vu, il y a dix ans, dans un hiver rigoureux, un thermomètre couché sur la neige descendre à — 12 degrés, pendant une nuit où l'air était calme et le ciel étoilé; tandis qu'un autre thermomètre, qui reposait sur le sol, se maintenait à — 3°,5, les deux instruments étant séparés par 1 couche de neige de 1 décimètre seulement.

La neige, si l'observation que je vais rapporter est confirmée, pourrait bien encore produire un autre

(1) DAUBRÉE, *Description géologique du département du Bas-Rhin*, p. 9.

effet utile : celui de condenser comme réfrigérant, et de retenir à la manière des corps poreux, certaines substances volatiles émanant de la terre. Ainsi, en mars dernier, je ramassai, immédiatement après sa chute, de la neige qui recouvrait une terrasse. Trente-six heures après, dans un jardin contigu à la terrasse, je pris avec précaution de la neige déposée sur la terre végétale. Dans l'eau provenant de la fusion de ces neiges, j'ai dosé par litre :

Eau de la neige ramassée sur la terrasse	$1^{\text{millig}},78$	d'ammoniaq.
Eau de la neige ramassée dans le jardin	$10^{\text{millig}},34$	»

Il me semble de la dernière évidence que l'ammoniaque trouvée en si forte proportion dans la neige du jardin provenait, pour la plus grande partie, des vapeurs émanant du sol.

La méthode que j'ai suivie pour doser l'ammoniaque dans les eaux est applicable à la recherche des vapeurs ammoniacales contenues dans l'atmosphère, pour laquelle je crois l'emploi des liqueurs titrées bien préférable à celui du bichlorure de platine.

SUR LA

QUANTITÉ D'AMMONIAQUE CONTENUE DANS LA PLUIE,

LA NEIGE, LA ROSÉE ET LE BROUILLARD.

Dans le cours des recherches entreprises au Liebfrauenberg, pour déterminer la quantité d'ammoniaque contenue dans les eaux pluviales, j'ai eu l'occasion de constater que cette quantité est loin d'être la même au commencement et à la fin d'une pluie. Ainsi, pendant un orage, le 25 juillet, l'eau que j'avais recueillie d'abord, renfermait, par litre, $0^{millig},49$ d'ammoniaque; dans celle que l'on reçut ensuite, on n'en trouva plus que $0^{millig},40$. Quelques heures plus tard on ne put y constater plus de $0^{millig},06$ d'alcali : ces faits suffirent pour attirer mon attention, et l'occasion de les vérifier se présenta bientôt.

Le 5 août je reçus $1^{lit},75$ d'une pluie qui commença à $8^h\ 30^m$ du matin; ensuite, jusqu'à la fin, j'en recueillis encore $3^{lit},8$. Dans la première eau, il y avait, par litre, 4 milligrammes d'ammoniaque; dans la seconde, $1^{millig},71$. Il n'était plus possible de douter que la proportion d'ammoniaque ne diminuât dans l'eau à partir du commencement de la pluie; dès lors je me décidai à exécuter une série d'expériences dont j'ai communiqué les résultats à l'Académie.

Jusque-là, j'avais reçu la pluie dans des vases en fer-blanc ou en porcelaine, mais je dus prendre des dispositions qui permissent d'obtenir successivement des volumes d'eau suffisants pour être examinés, alors même que la pluie serait peu abondante; c'est dire que le récipient devait offrir une grande surface. J'ai fait usage d'une toile très-fine, fixée à des pieux enfoncés en terre. La toile, légèrement déprimée vers son milieu, se trouvait tendue à $1^{m},5$ d'un sol couvert de gazon. Sous la dépression était placé un entonnoir en fer-blanc, de 80 centimètres en diamètre, terminé par une douille assez petite pour pénétrer dans le goulot d'un flacon. Le cadre qui formait le périmètre de la toile comprenait une aire de $4^{mq},922$: un millimètre de pluie tombant sur cette surface aurait donc versé dans l'entonnoir $4^{lit},922$ d'eau, si la toile ne se fût pas imbibée. J'ai trouvé, pour le volume de l'eau d'imbibition, 80 centilitres (1), qu'il a fallu ajouter au volume de la pluie à la fin de chaque observation.

L'avantage que présente un récipient en toile, consiste en ce que, n'étant déployé qu'au moment où l'on prévoit l'arrivée de la pluie, il est moins exposé qu'un récipient fixe aux éventualités capables d'altérer la nature de l'eau. Lorsque l'air est peu agité, on y mesure la pluie avec une suffisante exactitude; mais il n'en est plus ainsi quand il fait du vent; aussi

---

(1) Poids de la toile : Imbibée d'eau, après une pluie. $1^{k},540$
Séchée à l'air.............. 0,740
Eau d'imbibition............ 0,800

est-il indispensable d'avoir, à peu de distance, un udomètre dont on connaît la superficie. Celui dont je me suis servi avait une surface de $589^{cq},1$. Le rapport de cette surface à celle du grand récipient était, par conséquent, :: 1:83,57. Pour ramener, comme je l'ai fait généralement pour plus d'uniformité, le volume d'eau mesurée dans l'udomètre, à ce que, par un temps calme, il eût été dans le grand récipient, on le multipliait par 83,87. Quand la pluie commençait, on plaçait successivement sous l'entonnoir des vases d'une capacité connue, de manière à fractionner l'eau fournie par l'appareil. Après chaque prise, lorsque le vent agitait la toile, on prenait le volume de la pluie entrée dans l'udomètre; dans 1 litre d'eau provenant de chacune de ces prises, on dosait l'ammoniaque.

Je donnerai maintenant le détail des observations faites depuis le 5 août jusqu'au 16 novembre. Durant cet intervalle il n'est pas tombé, au Liebfrauenberg, une pluie qui n'ait été mesurée et examinée.

5 août. — Il n'avait pas plu depuis le 29 juillet. A 8 heures du matin, il y a eu une averse dont la durée a été de quelques minutes :

Pluie en millimètr.	Eau reçue	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,35	1,75	4,00	7,00	1re prise.
0,77	3,8	1,71	6,50	2e prise.
1,12	5,55		13,50	

Ammoniaque dans 1 litre de pluie : Moyenne. . . $2^{mg},43$

14 août. — De 9 heures du soir au 15 août à 1 heure du matin :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,61	3,0	1,65	4,95	1re prise.
0,61	3,0	0,49	1,47	2e prise.
1,58	7,8	0,52	4,06	3e prise.
2,80	13,8		10,48	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $0^{mg},76$.

15 août. — Pluie de $6^h\,30^m$ à 7 heures du matin :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,41	2,0	1,91	3,82	1re prise.
0,51	2,5	1,35	3,38	2e prise.
0,92	4,5		7,20	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $1^{mg},60$.

Averse à $11^h\,30^m$ du matin ; a duré quelques minutes ; eau légèrement opaline :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue	
mm	lit	mg	mg	
0,30	1,5	3,49	5,24	une seule prise.

A $3^h\,30^m$ de l'après-midi, averse pendant un quart d'heure, suivie d'une pluie très-fine qui a duré une demi-heure.

Pluie en millimètr.	Eau reçue	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,41	2,0	1,74	3,48	1re prise.
0,67	3,3	1,73	5,51	2e prise.
1,08	5,3		8,99	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $1^{mg},70$.

L'eau reçue à $7^h\,30^m$ du matin était parfaitement limpide. L'eau reçue à $11^h\,30^m$ du matin et celle tombée à $3^h\,30^m$ de l'après-midi, la première prise légèrement opaline ; la seconde prise était claire.

On remarquera que le litre d'eau, qui ne contenait plus que $1^{millig},35$ d'alcali à la fin de la première pluie, en a contenu $3^{millig},49$, lors de l'averse de $11^h 30^m$, après qu'il eut cessé de pleuvoir pendant quatre heures et demie. Cet accroissement dans la proportion d'ammoniaque, à la suite d'une interruption survenue dans la chute de la pluie, s'est reproduit fréquemment dans le cours de ces recherches.

17 août. — Du 17 au 24 août, il ne m'a pas été possible de fractionner l'eau tombée pendant des averses de très-courte durée. La plus forte de ces averses a eu lieu pendant la nuit.

DATES.	PLUIE en millimètr.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	
	mm	lit	millig	millig	
17 août.	2,19	10,8	1,13	12,20	Averse de 3 à 4 heures du matin.
	0,14	0,7	1,19	0,83	Pluie fine à 7 heures du matin; quelques minutes.
	0,20	1,0	4,03	4,03	Averse à 5 heures du soir, pendant le passage d'un nuage.
24 août.	0,22	1,1	3,38	3,72	Averse pendant quelques minutes, il n'avait pas plu depuis le 17.
26 août.	0,25	1,25	3,75	4,69	Première prise. 4 h. 30 m. du soir.
	0,20	1,0	1,91	1,91	Deuxième prise.
	0,20	1,0	1,33	1,33	Troisième prise.
	0,20	1,0	0,61	0,61	Quatrième prise.
	0,20	1,0	0,53	0,53	Cinquième prise.
	0,33	1,6	0,64	1,02	Sixième prise.
	1,38	6,85		10,09	

Ammoniaque dans 1 litre de pluie : Moyenne... $1^{mg},47$

Le 26 août la pluie a commencé à tomber très-lentement à $4^h\ 30^m$ du soir; à 5 heures, il n'y avait encore que 1 litre d'eau dans le récipient. A 6 heures, le tonnerre se fit entendre; la pluie tomba alors avec abondance pendant un instant, qui a suffi pour recueillir la troisième, la quatrième et la cinquième prise. Ensuite la pluie n'arrivait plus dans le récipient que très-lentement et par intermittence. Il était $6^h\ 15^m$ quand on enleva la sixième prise; il ne pleuvait plus. A 9 heures du soir, il y eut une averse dont la durée fut d'une demi-heure; l'eau de cette averse renfermait une quantité d'ammoniaque à peu près double de celle qu'on avait dosée dans la sixième prise de la pluie tombée deux heures auparavant :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
1,52	7,5	1,20	9,16	averse 9 h. soir.

27 août. — Averse à 4 heures du soir, pendant deux ou trois minutes :

Pluie en millimètr.	Eau reçue	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,25	1,25	2,13	2,66	1 seule prise.

28 août. — Il n'a pas plu dans la nuit. La pluie a commencé à $7^h\ 30^m$ du matin; elle a continué très-lentement jusqu'à 11 heures. La girouette est tournée vers l'ouest, mais il n'y a pas de vent; le ciel est resté très-couvert au sud.

A 6 heures du soir, il y a eu une forte averse pendant un quart d'heure; le ciel s'est découvert :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	1,15	1,15	1re pr. 7h 30m m.
0,20	1,0	0,77	0,77	2e prise.
0,20	1,0	0,61	0,61	3e prise.
0,20	1,0	0,23	0,23	4e prise.
0,20	1,0	0,14	0,14	5e prise.
0,20	1,0	0,08	0,08	6e prise.
0,20	1,0	0,10	0,10	7e prise.
0,73	3,6	0,03	0,11	8e prise. 11h m.
2,13	10,6		3,19	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... 0mg,30.

0,20	1,0	1,38	1,38	1re prise. 6h soir.
0,47	2,3	0,96	2,21	2e prise.
0,67	3,3		3,59	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... 0mg,83.

29 août. — Il a plu entre minuit et 1 heure. De 9 heures à 10h 45m du matin il est tombé une pluie continue. A partir de 11 heures, la pluie tombe avec force. A midi, le ciel est très-nuageux; la pluie a cessé. A 4h 30m du soir, on entend le tonnerre, et il commence à pleuvoir; le vent d'ouest, qui a été très-faible depuis le matin, souffle avec une grande force à 5h 30m; la pluie ne continue pas :

Pluie en millimètr.	Eau reçue	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,28	1,4	0,51	0,71	1 seule pr. Min. à 1 h.
0,20	1,0	0,58	0,58	1re prise. 9h du m.
0,20	1,0	0,48	0,48	2e prise.
0,41	2,0	0,67	1,34	3e prise.
0,41	2,0	0,42	0,84	4e prise.
2,44	12,0	0,14	1,60	5e prise.
0,63	3,1	0,06	0,19	6e prise. Midi.
4,29	21,1		5,11	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... 0mg,24.

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	2,0	0,53	0,53	1re p. 4h30m du s.
0,20	1,0	0,26	0,26	2e prise.
0,43	2,1	0,02	0,04	3e prise.
0,75	3,7	0,19	0,70	4e pr. 5h30m du s.
1,58	7,8		1,53	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $0^{mg},20$

Je ferai observer que, deux fois dans la journée, l'eau n'a donné, vers la fin de la pluie, que des traces d'ammoniaque, comme, au reste, cela était déjà arrivé le 28, avec l'eau de la huitième prise, dans laquelle il n'y avait plus, par litre, que $0^{millig},03$ d'alcali.

31 août. — Il n'a pas plu depuis le 29 au soir, mais le vent d'ouest a soufflé avec force. Le 31, à $5^h 30^m$ du matin, il y a eu une averse qui a produit $2^{lit},3$ d'eau dans le récipient : le vent avait cessé. A 10 heures du matin, la pluie a commencé avec un très-faible vent d'ouest; elle a continué jusqu'à midi. On a vu le soleil, bien que le ciel fût très-nuageux. A 2 heures, la pluie recommença, et continua jusqu'à 5 heures : le temps devint beau; à 8 heures du soir il y eut une petite pluie :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,47	2,3	1,19	2,74	une seule pr. 5h 30m m.
0,41	2,0	1,35	2,70	1re prise. 10h du matin.
0,41	2,0	0,77	1,54	2e prise.
1,95	4,7	0,48	2,26	3e prise. Midi.
2,77	8,7		6,50	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $0^{mg},75$.

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,41	2,0	0,84	1,68	1re prise. 2 h. apr. midi.
0,41	2,0	0,40	0,80	2e prise.
0,41	2,0	0,69	1,38	3e prise. 5 h. du soir.
1,23	6,0		3,86	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $0^{mg},64$.

0,53	2,6	0,75	1,95	une seule prise. 8 h. s.

2 septembre. — La pluie, interrompue depuis le 31 août à 8 heures du soir, a repris, le 2 septembre, à $1^h\ 30^m$ du matin, avec un orage; elle a duré jusqu'à 11 heures : d'abord très-abondante, elle se ralentit après que le tonnerre eut cessé. Dans l'après-midi, le temps a été très-beau. A 7 heures du soir, on a aperçu un orage à l'est-est-sud-est, mais il n'a pas plu au Liebfrauenberg :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
8,83	43,5	0,45	19,58	1re pr. Dep. 1^h matin.
1,44	7,1	0,33	2,13	2e prise.
10,27	50,6		21,71	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $0^{mg},43$.

3 septembre. — A $1^h\ 30^m$ du matin, pluie très-abondante par un vent d'ouest très-violent. Le temps est beau au lever du soleil :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
5,42	26,75	0,50	13,37	une seule pr. $1^h\ 30^m$ m.

4 septembre. — A $6^h\ 30^m$ du matin, averse de courte durée; le temps reste brumeux jusqu'à midi. On trouve dans le vase placé sous l'appareil $1^{lit},9$ d'eau provenant du brouillard :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue	
mm	lit	mg	mg	
0,27	1,35	0,77	1,04	une seule pr. 6h30m m.
0,39	1,9	1,72	3,27	eau du brouillard.

6 septembre. — Dans la nuit du 5 au 6 septembre, il y a eu un ouragan des plus violents, des arbres ont été déracinés. Le vent s'est maintenu avec une force extrême en changeant fréquemment de direction, passant subitement de l'est à l'ouest et de l'ouest à l'est. Il commença à pleuvoir à 10h 30m du matin. La pluie a continué sans interruption jusqu'au 7 septembre :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	1,43	1,43	1re pr. 10h 30m matin.
0,20	1,0	0,49	0,49	2e prise.
0,41	2,0	0,31	0,62	3e prise.
2,19	10,8	0,31	3,35	4e prise.
6,50	32,0	0,21	6,72	5e prise.
3,55	17,5	0,08	1,40	6e prise.
7,78	38,35	0,08	3,07	7e prise.
20,84	102,65		17,08	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $0^{mg},17$.

La septième prise provenait de l'eau tombée depuis 10 heures du soir, le 6 septembre, jusqu'à 5h 30m du matin, le 7 septembre. On voit que les deux dernières prises de cette pluie continue ne renfermaient plus que des traces d'ammoniaque. La pluie cessa pendant une demi-heure.

7 septembre. — De 6 heures du matin à 8h 30m on a recueilli $5^{lit},7$ d'eau provenant d'une pluie très-fine. A 9 heures du matin, la pluie, pendant un temps très-court, tomba avec force; mais bientôt elle se

changea en une pluie fine, qui a continué jusqu'au 8 septembre à 5 heures du matin :

Pluie en millimetr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
1,16	5,7	0,36	2,05	pluie très-fine. 1re prise. 5 à 8 h. du matin.
1,73	7,5	0,33	2,47	2e prise. 9 h. du matin.
3,86	19,0	0,29	5,51	3e prise.
12,32	60,7	0,15	9,11	4e prise. 8 sept. 5^h mat.
19,07	92,9		19,14	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $0^{mg},20$.

A l'occasion de ces observations, je ferai remarquer que, dans les pluies qui tombent très-lentement, la proportion d'ammoniaque décroît bien moins rapidement. C'est à cette lenteur dans la chute, qui se manifeste ordinairement vers la fin d'une pluie, qu'il faut probablement attribuer l'augmentation dans la proportion d'ammoniaque que j'ai plusieurs fois constatée dans l'eau des dernières prises.

8 septembre. — Depuis ce matin il n'a pas plu, mais le ciel est couvert, l'air est calme. A $2^h 30^m$ après-midi, averse par un vent de nord assez faible ; la pluie a continué jusqu'à 9 heures du soir :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	0,58	8,58	1re pr. $2^h 30^m$ s.
0,61	3,0	0,27	0,81	2e prise.
2,41	11,9	0,03	0,36	3e prise. 9 h. s.
3,22	15,9		1,75	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $0^{mg},11$.

Ici encore l'ammoniaque avait encore à peu près disparu dans les 12 litres d'eau de la dernière prise.

9 septembre. — Le 8 septembre, à 9 heures du

soir, après la pluie, il y eut un brouillard très-épais qui persista jusqu'au matin. Dans le récipient, je trouvai $2^{lit},75$ d'eau provenant de ce brouillard :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,56	2,75	0,29	0,80	eau du brouill.

24 septembre. — Depuis le brouillard du 8 septembre, il n'était pas tombé une goutte d'eau. Le temps avait toujours été très-beau, et la terre devint assez dure pour rendre les labours extrêmement pénibles. Le 24, par un léger vent d'ouest, il commença à pleuvoir entre 11 heures et midi. L'eau tomba d'abord en gouttes très-grosses, et si lentement, qu'il fallut une heure pour remplir un flacon de 1 litre placé sous le grand udomètre : peu à peu la chute devint plus rapide; il pleuvait à verse à $1^{h}30^{m}$. De ce moment, la pluie s'affaiblit graduellement jusqu'à 5 heures de l'après-midi, où elle cessa :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	6,59	6,59	1re prise.
0,20	1,0	3,07	3,07	2e prise.
0,41	2,0	1,40	2,80	3e prise.
0,41	2,0	0,39	0,78	4e prise.
0,72	3,55	0,36	1,28	5e prise.
1,94	9,55		14,52	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . $1^{mg},52$.

L'eau du premier litre recueilli était très-légèrement opaline; elle l'était moins lors de la deuxième prise : celle de la troisième prise présentait une limpidité parfaite.

Le résultat de l'observation du 24 septembre est

intéressant, en ce qu'il montre que la pluie, après une forte sécheresse, est bien plus chargée d'ammoniaque que celle qui tombe par intermittence durant une période pluvieuse.

25 septembre. — La matinée avait été belle, il faisait très-peu de vent; le ciel s'est couvert à midi. La pluie a commencé à 5 heures, et a continué sans interruption jusqu'à minuit. Vers 9 heures, la pluie est tombée plus vite par un vent d'ouest des plus impétueux :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,41	2,0	1,06	2,12	1re prise.
0,73	3,6	0,73	2,70	2e prise.
7,00	34,5	0,14	4,81	3e prise.
8,14	40,1		9,63	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $0^{mg},24$.

28 septembre. — Toute la journée le ciel est resté couvert. A 5 heures du soir, il a commencé à tomber une pluie excessivement fine, une brume qui s'est transformée en un brouillard très-épais. A 9 heures du soir, on avait reçu $1^{lit},8$ d'eau. Le 29 au matin, on reconnut que le brouillard en avait encore produit $0^{lit},5$ pendant la nuit; en tout $2^{lit},3$. Vent d'ouest à peine sensible; il n'avait pas plu depuis le 25 au soir. L'eau était très-légèrement opaline :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,47	2,3	3,38	7,77	une seule prise.

29 septembre au 1er octobre. — La pluie a commencé à 5 heures du soir le 29 septembre; c'était une pluie très-fine, qui a continué toute la nuit avec un

vent d'ouest assez fort. Le 30 septembre, la pluie n'a pas cessé. A $3^h\ 30^m$ après midi elle tombait plus vite; la vitesse augmenta encore vers 5 heures du soir. Le vent d'ouest devint beaucoup plus fort. La pluie s'arrêta le 1er octobre à $5^h\ 30^m$ du matin :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	1,84	1,84	1re prise. Eau limpide.
4,69	23,1	0,94	21,71	2e prise.
1,22	6,0	0,61	3,66	3e prise.
1,22	6,0	0,73	4,38	4e prise.
1,98	9,75	0,61	6,95	5e prise.
6,09	30,0	0,23	6,90	6e prise.
6,09	30,0	0,08	2,40	7e prise.
9,61	47,35	0,16	7,58	8e prise.
30,90	153,20		55,42	

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . . $0^{mg},36$.

DATES	PLUIE en millimètres	EAU REÇUE.	AMMONIAQ. dans 1 litre	AMMONIAQ. dans l'eau reçue	
	mm	lit	mg	mg	
1 octob.	3,53	17,4	0,61	10,61	Pluie de 7 heures à midi. Vent ouest fort.
2 octob.	3,98	19,6	0,50	9,80	Pluie de 2 heures à 3 heures du matin.
2 octob.	0,36	1,8	0,99	1,78	Pluie, grêle à 1 heure après midi.

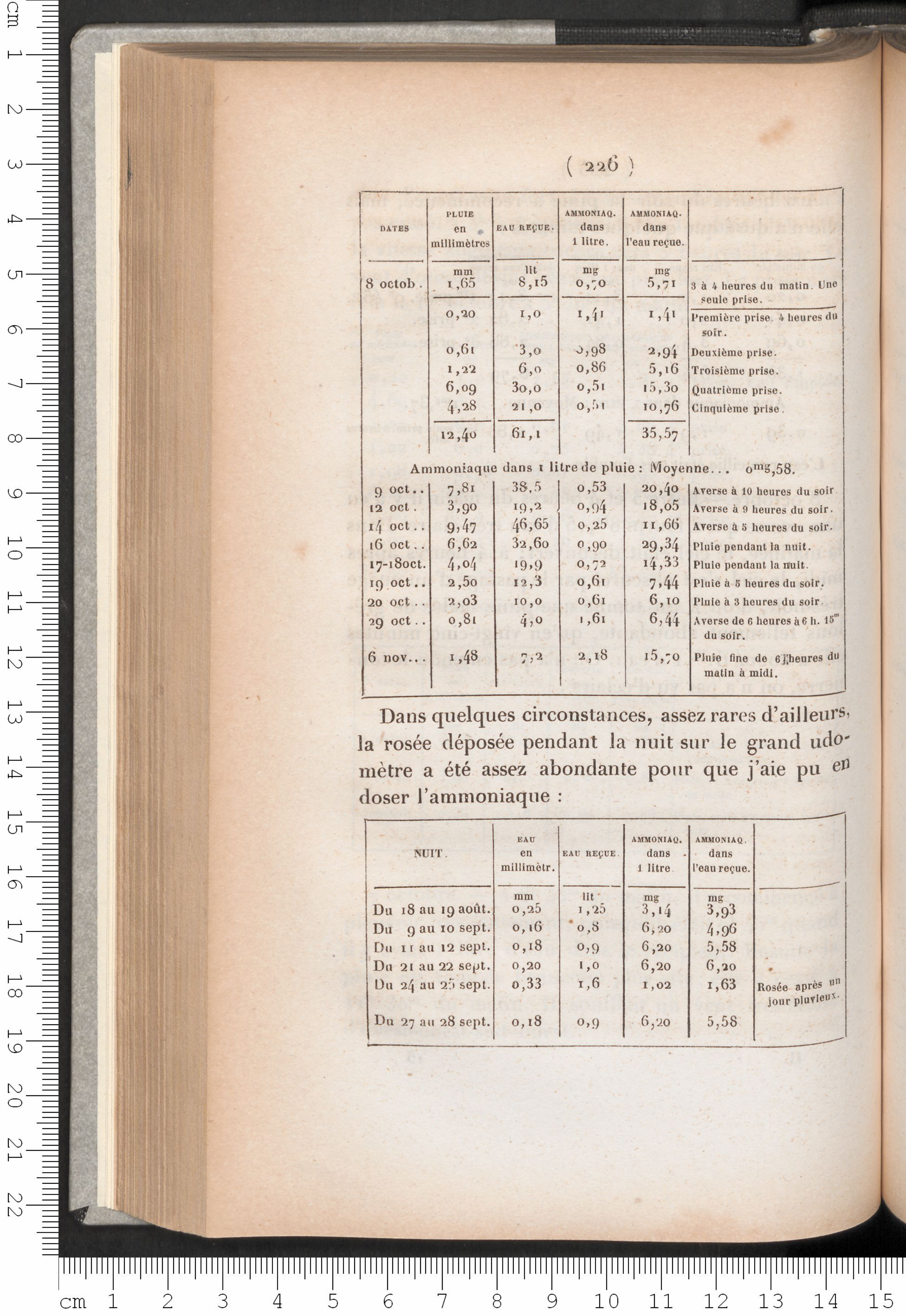
7 octobre. — A $8^h\ 38^m$ du matin, il a commencé à pleuvoir très lentement, puisqu'il était $9^h\ 45^m$ quand il y avait 1 litre d'eau dans le récipient. Ensuite la pluie est tombée beaucoup plus vite; elle a cessé à $11^h\ 30^m$ du matin. Il soufflait un vent très faible d'ouest-ouest-sud-ouest.

A 6 heures du soir la pluie a recommencé, mais elle n'a duré que quelques minutes :

Pluie en millimètr.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mg	mg	
0,20	1,0	3,11	3,11	1re prise. $9^h\ 45^m$.
0,41	2,0	1,41	2,82	2e prise.
0,69	3,4	0,84	2,86	3e prise.
1,30	6,4		8,79	
Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne. . .			$1^{mg},37$.	
0,39	1,9	1,49	2,83	Une seule prise. 6 heures du soir.

L'eau recueillie était très-limpide.

8 octobre. — Entre 3 et 4 heures du matin il y a eu une averse qui a fourni $8^{lit},15$ d'eau très-claire. Dans la matinée, le ciel était découvert; à 4 heures après midi, le ciel s'est obscurci par le passage d'un nuage très-noir, d'où il est tombé une pluie mêlée de grêlons tellement abondante, qu'en vingt-cinq minutes elle a donné $61^{lit},1$ d'eau. On n'a pas entendu le tonnerre, on n'a pas vu d'éclairs :



DATES	PLUIE en millimètres	EAU REÇUE.	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	
	mm	lit	mg	mg	
8 octob.	1,65	8,15	0,70	5,71	3 à 4 heures du matin. Une seule prise.
	0,20	1,0	1,41	1,41	Première prise, 4 heures du soir.
	0,61	3,0	0,98	2,94	Deuxième prise.
	1,22	6,0	0,86	5,16	Troisième prise.
	6,09	30,0	0,51	15,30	Quatrième prise.
	4,28	21,0	0,51	10,76	Cinquième prise.
	12,40	61,1		35,57	
Ammoniaque dans 1 litre de pluie : Moyenne... $0^{mg},58$.					
9 oct..	7,81	38,5	0,53	20,40	Averse à 10 heures du soir.
12 oct.	3,90	19,2	0,94	18,05	Averse à 9 heures du soir.
14 oct..	9,47	46,65	0,25	11,66	Averse à 5 heures du soir.
16 oct..	6,62	32,60	0,90	29,34	Pluie pendant la nuit.
17-18 oct.	4,04	19,9	0,72	14,33	Pluie pendant la nuit.
19 oct..	2,50	12,3	0,61	7,44	Pluie à 5 heures du soir.
20 oct..	2,03	10,0	0,61	6,10	Pluie à 3 heures du soir.
29 oct..	0,81	4,0	1,61	6,44	Averse de 6 heures à 6 h. 15^m du soir.
6 nov...	1,48	7,2	2,18	15,70	Pluie fine de 6 heures du matin à midi.

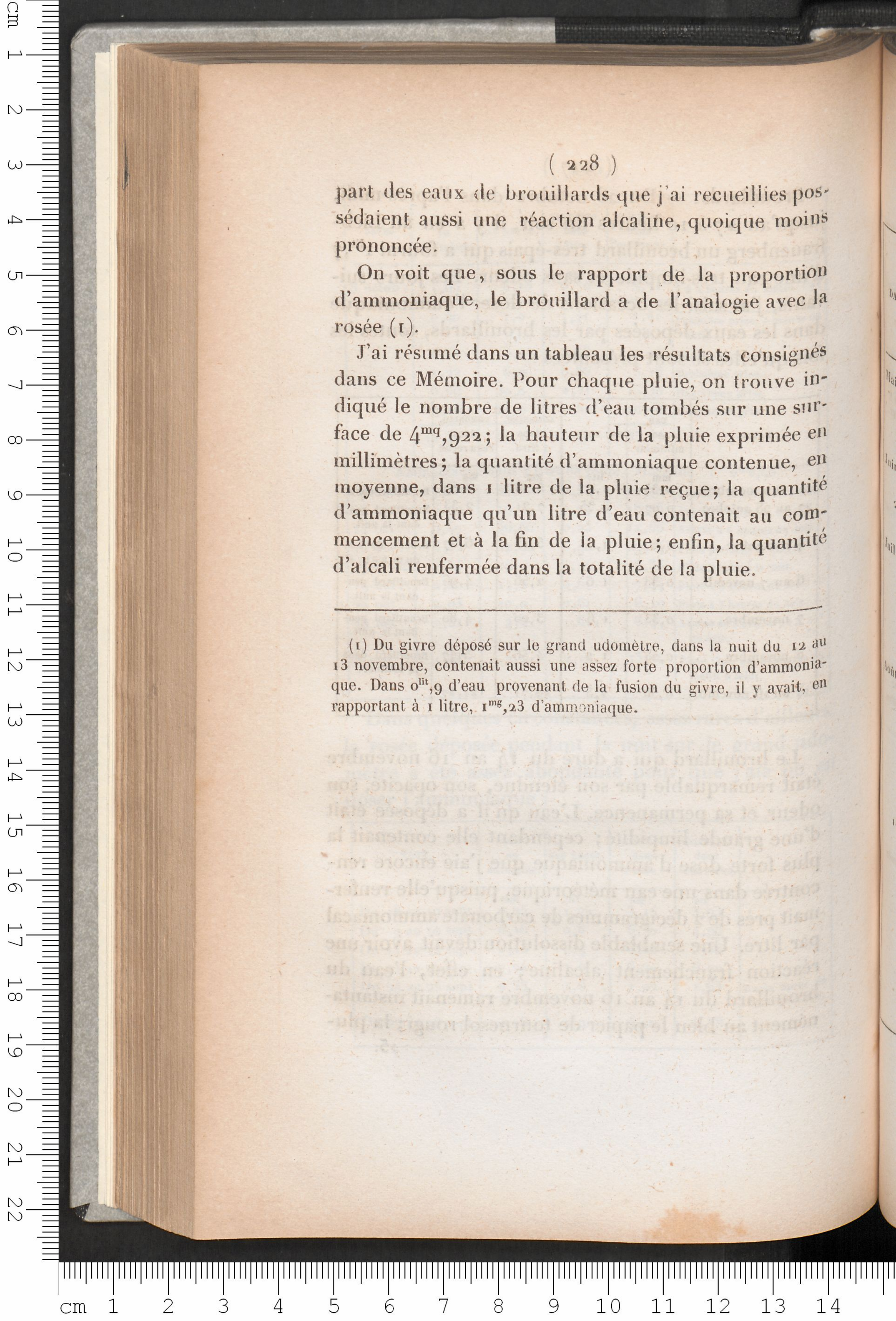
Dans quelques circonstances, assez rares d'ailleurs, la rosée déposée pendant la nuit sur le grand udomètre a été assez abondante pour que j'aie pu en doser l'ammoniaque :

NUIT.	EAU en millimètr.	EAU REÇUE.	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	
	mm	lit	mg	mg	
Du 18 au 19 août.	0,25	1,25	3,14	3,93	
Du 9 au 10 sept.	0,16	0,8	6,20	4,96	
Du 11 au 12 sept.	0,18	0,9	6,20	5,58	
Du 21 au 22 sept.	0,20	1,0	6,20	6,20	
Du 24 au 25 sept.	0,33	1,6	1,02	1,63	Rosée après un jour pluvieux.
Du 27 au 28 sept.	0,18	0,9	6,20	5,58	

Brouillards. — Du 26 octobre dans l'après-midi, jusqu'au 27 à 10 heures du soir, il y a eu au Liebfrauenberg un brouillard très-épais qui a fourni $1^{lit},7$ d'une eau très-limpide et sans odeur. Les jours suivants, j'ai saisi les occasions de doser l'ammoniaque dans les eaux déposées par les brouillards, toutes les fois qu'elles se sont présentées :

DATES.	EAU en millimètr.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	
	mm	lit	mg	mg	
2 a 27 octobre.	0,35	1,7	5,28	8,89	Brouill. tr.-épais.
27 au 28 octobre.	0,07	0,35	7,21	2,53	Brouillard pendant la nuit.
4 novembre...	0,26	1,3	5,13	6,67	Brouill. de 9 h. du m. à 5 h. s.
6 au 7 novemb.	0,33	1.6	2,56	4,96	Brouillard pendant la nuit.
7 novembre....	0,33	1,6	3,00	4,80	Brouillard pendant la nuit.
8 novembre....	0,24	1,2	4,56	5,47	Brouillard dans la matinée.
14 au 16 novemb.	0,50	2,5	49,71	124,27	

Le brouillard qui a duré du 14 au 16 novembre était remarquable par son étendue, son opacité, son odeur et sa permanence. L'eau qu'il a déposée était d'une grande limpidité; cependant elle contenait la plus forte dose d'ammoniaque que j'aie encore rencontrée dans une eau météorique, puisqu'elle renfermait près de 2 décigrammes de carbonate ammoniacal par litre. Une semblable dissolution devait avoir une réaction franchement alcaline; en effet, l'eau du brouillard du 14 au 16 novembre ramenait instantanément au bleu le papier de tournesol rougi; la plu-



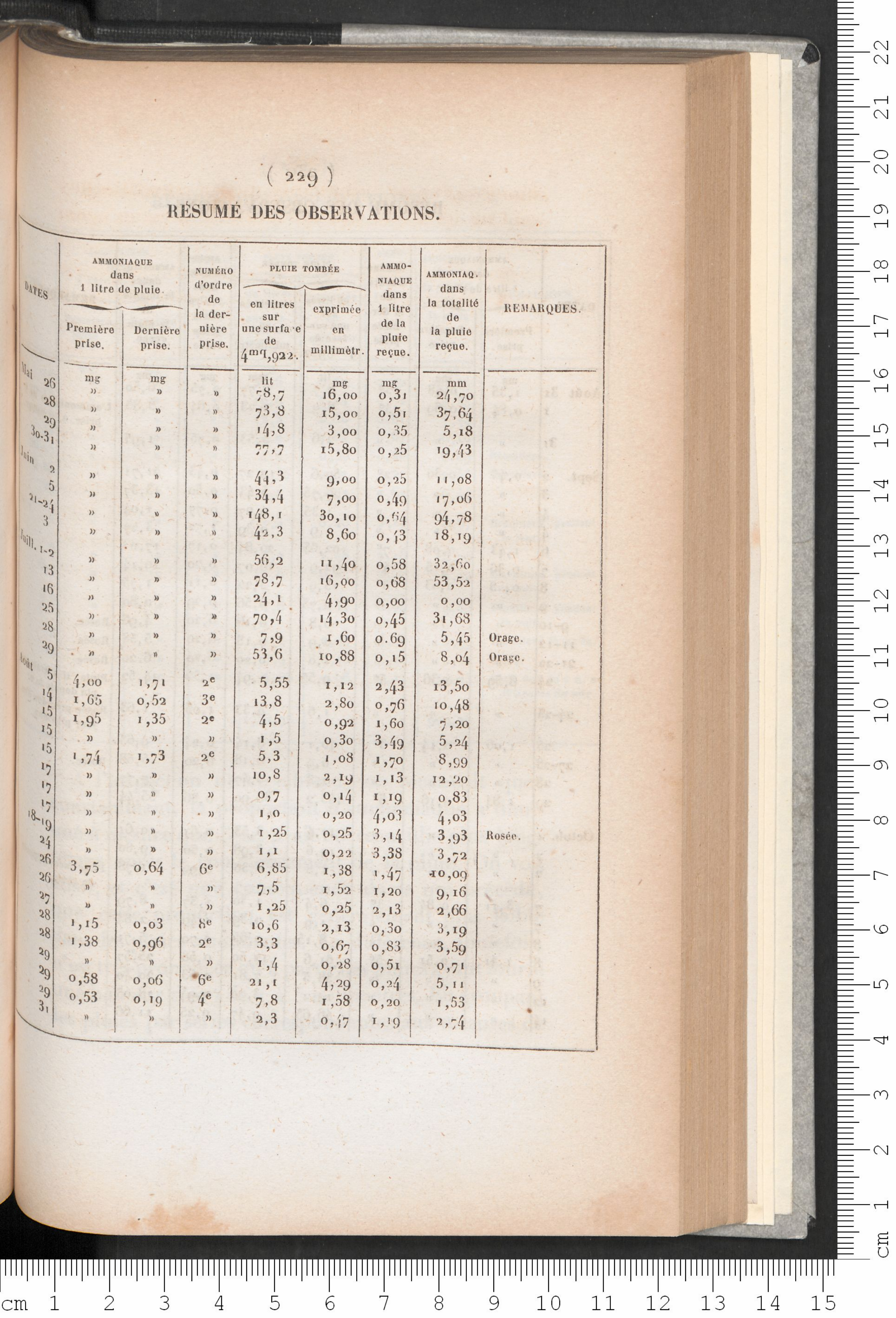
part des eaux de brouillards que j'ai recueillies possédaient aussi une réaction alcaline, quoique moins prononcée.

On voit que, sous le rapport de la proportion d'ammoniaque, le brouillard a de l'analogie avec la rosée (1).

J'ai résumé dans un tableau les résultats consignés dans ce Mémoire. Pour chaque pluie, on trouve indiqué le nombre de litres d'eau tombés sur une surface de $4^{mq},922$; la hauteur de la pluie exprimée en millimètres; la quantité d'ammoniaque contenue, en moyenne, dans 1 litre de la pluie reçue; la quantité d'ammoniaque qu'un litre d'eau contenait au commencement et à la fin de la pluie; enfin, la quantité d'alcali renfermée dans la totalité de la pluie.

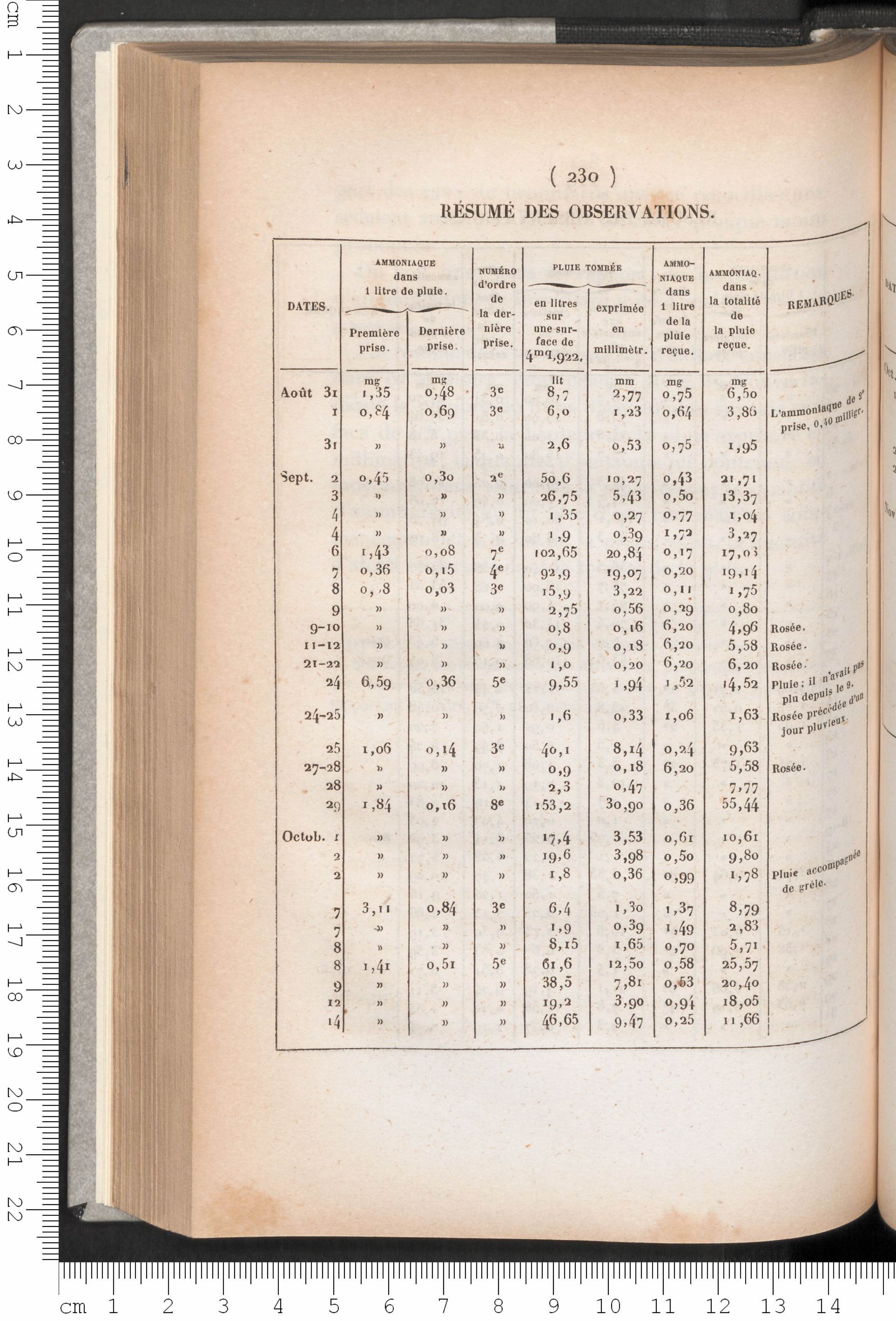
---

(1) Du givre déposé sur le grand udomètre, dans la nuit du 12 au 13 novembre, contenait aussi une assez forte proportion d'ammoniaque. Dans $0^{lit},9$ d'eau provenant de la fusion du givre, il y avait, en rapportant à 1 litre, $1^{mg},23$ d'ammoniaque.



RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

DATES	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie. Première prise.	Dernière prise.	NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE en litres sur une surface de $4^{mq},922$.	exprimée en millimètr.	AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQ. dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.
	mg	mg		lit	mg	mg	mm	
Mai 26	»	»	»	78,7	16,00	0,31	24,70	
28	»	»	»	73,8	15,00	0,51	37,64	
29	»	»	»	14,8	3,00	0,35	5,18	
30-31	»	»	»	77,7	15,80	0,25	19,43	
Juin 2	»	»	»	44,3	9,00	0,25	11,08	
5	»	»	»	34,4	7,00	0,49	17,06	
21-24	»	»	»	148,1	30,10	0,64	94,78	
3	»	»	»	42,3	8,60	0,43	18,19	
Juill. 1-2	»	»	»	56,2	11,40	0,58	32,60	
13	»	»	»	78,7	16,00	0,68	53,52	
16	»	»	»	24,1	4,90	0,00	0,00	
25	»	»	»	70,4	14,30	0,45	31,68	
28	»	»	»	7,9	1,60	0.69	5,45	Orage.
29	»	»	»	53,6	10,88	0,15	8,04	Orage.
Août 5	4,00	1,71	2e	5,55	1,12	2,43	13,50	
14	1,65	0,52	3e	13,8	2,80	0,76	10,48	
15	1,95	1,35	2e	4,5	0,92	1,60	7,20	
15	»	»	»	1,5	0,30	3,49	5,24	
15	1,74	1,73	2e	5,3	1,08	1,70	8,99	
17	»	»	»	10,8	2,19	1,13	12,20	
17	»	»	»	0,7	0,14	1,19	0,83	
17	»	»	»	1,0	0,20	4,03	4,03	
18-19	»	»	»	1,25	0,25	3,14	3,93	Rosée.
24	»	»	»	1,1	0,22	3,38	3,72	
26	3,75	0,64	6e	6,85	1,38	1,47	10,09	
26	»	»	»	7,5	1,52	1,20	9,16	
27	»	»	»	1,25	0,25	2,13	2,66	
28	1,15	0,03	8e	10,6	2,13	0,30	3,19	
28	1,38	0,96	2e	3,3	0,67	0,83	3,59	
29	»	»	»	1,4	0,28	0,51	0,71	
29	0,58	0,06	6e	21,1	4,29	0,24	5,11	
29	0,53	0,19	4e	7,8	1,58	0,20	1,53	
31	»	»	»	2,3	0,47	1,19	2,74	



RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

DATES.	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie.		NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE		AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQ. dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.
	Première prise.	Dernière prise.		en litres sur une surface de 4mq,922.	exprimée en millimètr.			
	mg	mg		lit	mm	mg	mg	
Août 31	1,35	0,48	3e	8,7	2,77	0,75	6,50	
1	0,84	0,69	3e	6,0	1,23	0,64	3,86	L'ammoniaque de 2e prise, 0,40 milligr.
31	»	»	»	2,6	0,53	0,75	1,95	
Sept. 2	0,45	0,30	2e	50,6	10,27	0,43	21,71	
3	»	»	»	26,75	5,43	0,50	13,37	
4	»	»	»	1,35	0,27	0,77	1,04	
4	»	»	»	1,9	0,39	1,72	3,27	
6	1,43	0,08	7e	102,65	20,84	0,17	17,03	
7	0,36	0,15	4e	92,9	19,07	0,20	19,14	
8	0,[illegible]8	0,03	3e	15,9	3,22	0,11	1,75	
9	»	»	»	2,75	0,56	0,29	0,80	
9-10	»	»	»	0,8	0,16	6,20	4,96	Rosée.
11-12	»	»	»	0,9	0,18	6,20	5,58	Rosée.
21-22	»	»	»	1,0	0,20	6,20	6,20	Rosée.
24	6,59	0,36	5e	9,55	1,94	1,52	14,52	Pluie ; il n'avait pas plu depuis le 9.
24-25	»	»	»	1,6	0,33	1,06	1,63	Rosée précédée d'un jour pluvieux.
25	1,06	0,14	3e	40,1	8,14	0,24	9,63	
27-28	»	»	»	0,9	0,18	6,20	5,58	Rosée.
28	»	»	»	2,3	0,47		7,77	
29	1,84	0,16	8e	153,2	30,90	0,36	55,44	
Octob. 1	»	»	»	17,4	3,53	0,61	10,61	
2	»	»	»	19,6	3,98	0,50	9,80	
2	»	»	»	1,8	0,36	0,99	1,78	Pluie accompagnée de grêle.
7	3,11	0,84	3e	6,4	1,30	1,37	8,79	
7	»	»	»	1,9	0,39	1,49	2,83	
8	»	»	»	8,15	1,65	0,70	5,71	
8	1,41	0,51	5e	61,6	12,50	0,58	25,57	
9	»	»	»	38,5	7,81	0,53	20,40	
12	»	»	»	19,2	3,90	0,94	18,05	
14	»	»	»	46,65	9,47	0,25	11,66	

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

DATES.	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie. Première prise.	Dernière prise.	NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE. en litres sur une surface de $4^{mq},922$.	exprimée en millimètr.	AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQ. dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.
	mg	mg		lit	mm	mg	mg	
Oct. 16	»	»	»	32,6	6,62	0,90	29,34	
17-18	»	»	»	19,9	4,04	0,72	14,33	
19	»	»	»	12,3	2,50	0,61	7,44	
20	»	»	»	10,0	2,03	0,61	6,10	
26-27	»	»	»	1,7	0,35	5,28	8,89	Brouillard.
27-28	»	»	»	0,35	0,07	7,21	2,53	Brouillard.
29	»	»	»	4,0	0,81	1,61	6,44	
Nov. 4	»	»	»	1,3	0,26	5,13	6,67	Brouillard pendant le jour.
6	»	»	»	7,2	1,48	2,18	15,70	
6-7	»	»	»	1,6	0,33	2,56	4,10	Brouillard pendant la nuit.
7-8	»	»	»	1,6	0,33	3,00	4,80	Brouillard pendant la nuit.
8	»	»	»	1,2	0,24	4,56	5,47	Brouillard le matin.
13	»	»	»	0,9	0,18	1,24	1,12	Givre.
13	»	»	»	4,85	0,98	2,11	10,23	Pluie fine de 5 h. à 10 heures du soir.
				1755,75			909,25	

A l'inspection de ce tableau, on reconnaît que, constamment, la proportion d'ammoniaque a diminué à mesure que l'eau avait été recueillie plus longtemps après le commencement de la pluie. On voit aussi, et c'est une conséquence de ce qui précède, que cette proportion est généralement plus faible dans les pluies abondantes. La différence, toutefois, n'est très-prononcée qu'à partir des pluies ayant fourni une hauteur d'eau de 1 à 5 millimètres. En groupant les pluies par séries correspondantes aux mesures de

l'udomètre, on a, pour l'ammoniaque dans 1 litre d'eau, les nombres que voici :

				Ammoniaque par litre.
			mm	mg
De	0	à	0,5	2,94 (*)
De	0,51	à	1,0	1,37
De	1,01	à	5,0	0,70
De	5,01	à	10,0	0,43
De	10,01	à	15,0	0,43
De	15,01	à	20,0	0,36
De	20,01	à	31,0	0,41

Dans une même journée, et pour un volume d'eau déterminée, la fin d'une pluie tient moins d'ammoniaque que n'en tient le commencement de la pluie qui lui succède, quelque court d'ailleurs que soit l'intervalle pendant lequel la pluie a été interrompue. C'est ce qu'établissent les observations suivantes, que je prends dans le résumé général :

DATES.	PREMIÈRE OBSERVATION. AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie		TEMPS ÉCOULÉ entre la fin de la première observation et le commencement de la seconde.	SECONDE OBSERVATION. AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie	
	pris au commenc.	pris à la fin.		pris au commenc.	pris à la fin.
	mg	mg	h m	mg	
15 août...	1,91	1,35	4,30	3,49	Une seule pr.
26 août...	3,75	0,64	2,45	1,20	Id.
28 août...	1,15	0,03	7, 0	1,38	0,96
29 août...	0,58	0,06	4,30	0,53	0,19
31 août...	1,35	0,48	2, 0	0,84	0,69
6-7 sept..	1,43	0,08	0,30	0,36	Une seule pr.
7 octobre	3,11	0,84	6,30	1,49	Id.

(*) En éliminant le résultat fourni par l'eau du brouillard qui a régné du 14 au 16 novembre, et dans laquelle on a dosé, par litre, $49^{mg},71$ d'alcali. En introduisant ce résultat, on aurait $6^{mg},19$ d'ammoniaque par litre de pluie.

Ces faits s'expliquent, d'ailleurs, par la nature même du carbonate qui fournit certainement à la pluie la plus forte proportion de l'ammoniaque qu'elle renferme. Ce carbonate est volatil et soluble; par suite de la première de ces propriétés, l'air le contient à l'état de vapeur, que le sol émet continuellement quand il est convenablement humide. On comprend, dès lors, qu'en raison de sa solubilité, ce sel fasse partie des eaux météoriques, et que la pluie qui commence en contienne plus que celle qui finit. Aussitôt que la pluie a cessé, le sel volatil tend à passer dans l'air en vertu de la tension qui lui est propre, et le passage est d'autant plus rapide, que la température est plus élevée, les conditions physiques et la constitution chimique de la terre plus favorables à l'émission. Un temps très-court, pendant lequel il ne pleut pas, suffit pour reporter dans les couches de l'atmosphère les plus rapprochées du sol, du carbonate d'ammoniaque, dont la prochaine pluie s'emparera pour le ramener sur la terre. C'est un jeu permanent d'émissions à l'état de vapeur, et de retours à l'état de dissolution. Quant au nitrate d'ammoniaque qu'on rencontre aussi dans les eaux météoriques, il y a sur son origine une distinction à établir.

Depuis les belles expériences de Cavendish, on sait que toutes les fois qu'une étincelle électrique est excitée dans l'air humide, il se forme de l'acide nitrique et de l'ammoniaque. Or, comme dans le cas le plus général, il pleut quand il tonne, le sel est immédiatement dissous. Il y a donc, au sein des nuages orageux, formation de nitrate d'ammoniaque.

Lorsque, il y a plus de quinze ans, je signalais l'in-

fluence que devait avoir ce phénomène sur la végétation, je ne dissimulais pas qu'en Europe, où les orages ne sont pas très-fréquents, on serait peu disposé à reconnaître à l'électricité des nuages une puissance de production aussi intense que celle que je lui accordais. Mais, à l'époque que je rappelle, j'établissais qu'en ne tenant même aucun compte de ce qui se passe en dehors des tropiques, en se bornant à considérer la zone équinoxiale, on pouvait prouver que, pendant l'année entière, tous les jours, à tous les instants, l'atmosphère était incessamment traversée par des décharges électriques, à ce point qu'un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez délicats, y entendrait gronder continuellement le tonnerre. En effet, il résulte des registres météorologiques tenus pendant quarante années par le célèbre botaniste espagnol don Celestino Mutis, des recherches précieuses dont mon illustre ami de Humboldt a enrichi la science pendant son mémorable voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, et des observations que j'ai pu faire durant un séjour de dix années dans les mêmes régions, que, pour un point situé dans la zone intertropicale, la saison des orages est intimement liée à la position que le soleil occupe dans l'écliptique ; elle se manifeste deux fois par an, alors que l'astre est dans la proximité du zénith, c'est-à-dire lorsque la déclinaison du soleil est égale à la latitude du lieu et de même dénomination.

L'ammoniaque du nitrate, amenée dans le sol par la pluie, est transformée en carbonate par l'action des roches calcaires ou de leurs détritus, et devient ainsi

un des agents les plus efficaces de la végétation, en concourant à l'élaboration des principes azotés des plantes. Je m'arrêtais à cette conclusion, qu'en définitive c'est une force électrique, la foudre, qui prédispose l'azote de l'atmosphère à s'assimiler aux êtres organisés. Aujourd'hui, je suis d'autant plus porté à maintenir cette conclusion, que les expériences que j'ai exécutées de 1851 à 1859 s'accordent toutes pour établir que le gaz azote n'est pas directement assimilable par les végétaux.

Mais on ne rencontre pas le nitrate d'ammoniaque seulement dans les pluies d'orages; M. Henri Ben-Jones, en Angleterre, M. Barral, en France, l'ont signalé dans des pluies recueillies à toutes les époques de l'année, et, par conséquent, dans des circonstances où l'atmosphère ne présente aucune trace visible d'électricité. Si ce nitrate était volatil, sa présence serait, comme pour le carbonate, la conséquence de cette propriété : or ce sel est fixe, ainsi que je m'en suis assuré, en en mettant un fragment à peine perceptible sous une grande cloche exposée au soleil pendant les mois les plus chauds; un thermomètre fixé sous la cloche montait souvent à 45 degrés. Pour peu que le sel eût été volatil, il aurait fini par se dissiper; il n'en a pas été ainsi, et, pendant plus de trois mois d'exposition, la parcelle de nitrate est restée intacte à côté d'un autre petit fragment de chlorure ammonique que j'avais soumis à la même épreuve.

Le nitrate d'ammoniaque étant fixe, il doit donc, comme le sel marin, les iodures et en général toutes les substances solubles et non volatiles qu'on décèle dans les eaux météoriques, avoir fait partie des pous-

sières tenues en suspension dans l'air. Sans doute, on hésite à admettre que des corpuscules solides restent suspendus dans un milieu gazeux; mais quand on réfléchit à l'extrême ténuité que ces corpuscules acquièrent dans certaines circonstances, l'hésitation devient moins forte. Lorsque, par exemple, des particules d'eau de mer, si petites, qu'il serait difficile de leur assigner un poids, sont enlevées par un vent impétueux à la buée que la vague, en se brisant, fait naître sur un récif, ces molécules liquides qu'Arago considérait comme les poussières de l'Océan, abandonnent bientôt à l'air, en se desséchant, des molécules solides de chlorure bien plus petites encore, puisque l'eau de la mer ne tient guère en dissolution que 0,03 de matières salines. Aussi, la pluie qui tombe loin des côtes contient-elle fréquemment, si ce n'est toujours, des indices très-appréciables de sel marin.

Les vents et les ouragans, en agitant violemment l'atmosphère, les courants ascendants dus aux inégalités de température, les volcans en émettant d'une manière incessante des gaz, des vapeurs et des cendres tellement divisées, que souvent elles vont s'abattre à de prodigieuses distances, portent et maintiennent dans les plus hautes régions, des corpuscules enlevés à la surface du sol ou arrachés à la partie interne et peut-être encore incandescente du globe. Dans les phénomènes liés à l'organisme des plantes et des animaux, ces substances si ténues, d'origines si diverses, dont l'air est le véhicule, exercent vraisemblablement une action bien plus prononcée qu'on n'est communément porté à le supposer. Leur permanence est d'ailleurs mise hors de doute par le seul

témoignage des sens, lorsqu'un rayon de soleil pénètre dans un lieu peu éclairé; l'imagination se figure aisément, mais non sans un certain dégoût, tout ce que renferment ces poussières que nous respirons sans cesse, et que Bergmann a parfaitement caractérisées en les nommant les *immondices de l'atmosphère.* Elles établissent en quelque sorte le contact entre les individus les plus éloignés les uns des autres, et bien que leur proportion, leur nature, et, par conséquent, leurs effets, soient des plus variés, ce n'est pas s'avancer trop que de leur attribuer une partie de l'insalubrité qui se manifeste habituellement dans les grandes agglomérations d'hommes.

Les eaux météoriques entraînent ces poussières en même temps qu'elles en dissolvent les matières solubles, parmi lesquelles se trouvent des sels fixes ammoniacaux, comme elles dissolvent la vapeur de carbonate d'ammoniaque et le gaz acide carbonique répandus dans l'air. Une pluie, lorsqu'elle commence, doit donc renfermer plus de principes solubles que lorsqu'elle finit, et si cette pluie se prolonge sans interruption par un temps calme, il arrivera un moment où l'eau ne contiendra plus que de très-faibles indices de ces principes. C'est, en effet, ce qui a lieu, comme l'établissent, pour les sels ammoniacaux, les observations consignées dans ce Mémoire.

Je rechercherai maintenant quelle a été la quantité moyenne d'ammoniaque dans la pluie mesurée au Liebfrauenberg, depuis le 26 mai jusqu'au 8 novembre 1853.

Soixante et dix-sept pluies, en considérant comme telles les rosées et les brouillards, ont apporté dans le

grand pluviomètre 1755^{litres},75 d'eau, dans lesquels il y avait 909^{millig},24 d'ammoniaque, ce qui donne, en moyenne, pour 1 litre d'eau météorique, 0^{millig},42 (*).

Bien que cette proportion soit extrêmement faible, elle est cependant beaucoup plus forte que celle que j'ai dosée jusqu'à présent dans les eaux de rivières et dans les eaux de sources (1). Quant à l'infériorité constatée dans la proportion d'ammoniaque dans les eaux qui reposent sur le sol, j'ai pensé d'abord qu'elle dépendait de l'action que l'air pouvait exercer sur l'alcali volatil, soit en le détruisant, soit en le transformant en acide nitrique. Mais les expériences faites pour constater jusqu'à quel point cette conjecture était fondée, ont montré que de l'ammoniaque ajoutée en très-minime quantité à de l'eau pure ne subit aucune modification, alors même que cette eau renferme, par litre, quelques centigrammes de potasse, et que les dissolutions restent pendant un mois au contact d'une atmosphère d'oxygène.

S'il est incontestable que les rivières et les sources proviennent des eaux pluviales, il ne l'est pas moins que les eaux météoriques n'ont pas d'autre origine que les eaux éparses à la surface du globe. Si l'on emploie de préférence la première définition, c'est

---

(*) Toujours en ne faisant pas entrer le résultat obtenu avec l'eau extraordinairement chargée d'ammoniaque du brouillard du 14 au 16 novembre. En faisant intervenir ce résultat, que je considère provisoirement comme anormal, on a pour la pluie reçue 1758^{lit},25, et pour l'ammoniaque dosée 1^{gr},03352. Soit pour 1 litre d'eau 0^{mg},59, au lieu de 0^{mg},52.

(1) Mémoire sur le dosage de l'ammoniaque dans les eaux. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXIX, p. 257.)

que le phénomène de la pluie, dans ses effets sur les fleuves, fait plus d'impression sur l'esprit que le phénomène de l'évaporation dont l'action, en quelque sorte occulte, est de porter dans l'atmosphère les vapeurs invisibles qui engendrent les météores aqueux. La pluie, pour peu qu'on y réfléchisse, est le résultat de la volatilisation des eaux qui sont en contact avec l'air. Or, dans la distillation d'une eau très-faiblement ammoniacale, les premières parties de la vapeur liquéfiée par le refroidissement sont toujours les plus chargées d'alcali. Quand, par exemple, avec l'appareil que j'ai décrit, on opère sur 1 litre d'eau du Rhin renfermant $0^{\text{millig}},17$ d'ammoniaque, le premier décilitre reçu par le récipient en renferme déjà $0^{\text{millig}},13$, soit, par litre, $1^{\text{millig}},30$; proportion beaucoup plus forte que celle qu'on rencontre généralement dans la pluie. Rien, en effet, ne ressemble plus à ce qui se passe dans la nature qu'une semblable distillation; l'eau, relativement très-ammoniacale qu'on reçoit d'abord, vient d'une pluie que produit, en se condensant dans le réfrigérant, la vapeur fournie par l'eau du Rhin. L'analogie se soutient même pendant tout le cours de l'opération, car, à mesure que la distillation avance vers sa fin, l'eau débitée par le serpentin est de moins en moins alcaline, comme cela est constamment arrivé aussi lorsque, par un temps calme, une pluie continue tombait sur un udomètre placé dans la vallée du Rhin.

Il y a, on ne saurait en douter, une connexion évidente entre l'apparition de l'ammoniaque dans l'atmosphère et l'évaporation accomplie à la surface des fleuves, des lacs et des mers. La vapeur, malgré la

température peu élevée à laquelle elle se développe dans cette circonstance, nonobstant une affinité énergique que doit encore exalter la masse considérable du dissolvant, entraîne avec elle une proportion relative d'alcali bien plus forte que celle qui est contenue dans l'eau d'où elle émane, de sorte que cette vapeur, en se condensant, donne un liquide plus alcalin. C'est ce qu'établirait, au besoin, une expérience faite en avril dernier. Un litre d'eau pure, dans lequel on avait introduit 12 milligrammes d'ammoniaque, a été exposé à l'air dans une large capsule de porcelaine; après un mois, le volume de l'eau était réduit à un demi-litre. Si l'ammoniaque s'était dissipée proportionnellement à l'évaporation, l'eau restée dans la capsule aurait dû en retenir 6 milligrammes. Or, par le dosage, on a constaté qu'elle n'en contenait plus que 4 milligrammes. Ainsi, en s'évaporant spontanément, la moitié du liquide avait entraîné les deux tiers de l'ammoniaque. La vapeur émise, si elle eût été condensée, aurait donc produit un demi-litre dans lequel on eût trouvé 8 milligrammes d'alcali, proportion répondant à 16 milligrammes pour 1 litre, et, par conséquent, bien supérieure à celle de l'ammoniaque contenue dans l'eau soumise à l'évaporation.

Si, aux considérations que je viens d'exposer, on ajoute que le sol envoie continuellement à l'atmosphère des vapeurs de carbonate d'ammoniaque et des poussières dans lesquelles se trouvent des sels ammoniacaux fixes, on concevra peut-être pourquoi l'eau de la pluie, des neiges et des brouillards est notablement plus ammoniacale que les eaux des rivières et des sources.

OBSERVATIONS FAITES A PARIS.

Sur une terrasse placée entre deux jardins, dans la proximité de la place Royale, j'ai disposé un udomètre dont le récipient en métal a 80 centimètres de diamètre, soit une surface d'un demi-mètre carré.

Le 3 janvier 1854, vers 9 heures du soir, il tomba une pluie très-forte. Voici les volumes d'eau reçus successivement et dans lesquels on a dosé l'ammoniaque.

Pluie en millimètres.	Eau reçue.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre	
mm	lit	mg	mg	
1,34	0,67	3,37	5,03	1re prise.
1,70	0,85	3,73	4,39	2e prise.
2,20	1,10	3,30	3,00	3e prise.
1,38	0,69	1,52	2,20	3e prise.
1,52	0,76	0,60	0,79	5e prise.
8,14	4,07	12,52		

Ammoniaque dans 1 litre : Moyenne... $3^{mg},08$.

BROUILLARD.

J'ai recueilli dans l'udomètre l'eau déposée par les brouillards qui ont apparu à Paris du 18 au 23 janvier.

Le 23 le brouillard était tellement épais, que, dans plusieurs quartiers, à 10 heures du matin, on fut obligé d'éclairer les appartements. L'eau obtenue était limpide, mais elle avait une légère teinte ambrée, due probablement aux vapeurs fuligineuses que tient en suspension l'atmosphère de Paris. Cette eau était remarquable par la proportion d'alcali qu'elle renfermait ; en effet, dans un litre, on a trouvé $137^{mg},85$

d'ammoniaque; soit $0^{gr},64$ de bicarbonate, proportion près de trois fois aussi forte que celle que j'avais dosée dans l'eau du brouillard observé à la campagne du 14 au 16 novembre 1853. Une aussi notable quantité d'ammoniaque expliquerait peut-être pourquoi, dans certaines circonstances, le brouillard est doué d'une odeur assez pénétrante pour affecter péniblement les organes de la respiration.

Je présenterai, en terminant, des observations faites sur l'ammoniaque des eaux pluviales à Rothamsted et à Paris. Les premières ont donné des nombres un peu plus forts que ceux constatés dans les recherches que j'ai exécutées à la campagne. Cette différence peut dépendre de ce que l'année 1852 a été extrêmement humide; il paraît, en effet, que la pluie contient d'autant moins d'ammoniaque qu'elle est plus abondante. Quant à la proportion d'alcali trouvée dans l'eau tombée à Paris, elle est de beaucoup supérieure à celle que l'on a enregistrée, soit au Liebfrauenberg, soit à Rothamsted, à cause sans doute des circonstances qui tendent à développer de l'ammoniaque dans un lieu où une grande population est agglomérée.

Ammoniaque dosée dans la pluie tombée à Rothamsted. — En Angleterre, MM. Lawes et Gilbert ont déterminé la proportion d'ammoniaque contenue dans la pluie recueillie dans des udomètres établis dans la ferme de Rothamsted, en suivant un procédé basé sur celui que j'ai décrit précédemment. Voici les résultats obtenus par ces habiles observateurs. L'échantillon examiné était pris dans la pluie tombée pendant le mois.

		Ammoniaque dans 1 litre de pluie. millig.
1853.	Mars	1,44
	Avril	0,81
	Mai	1,34
	Juin	1,27
	Juillet	0,94
	Août	0,84
	Septembre	0,73
	Octobre	0,69
	Novembre	0,80
	Décembre	1,61
1854.	Janvier	0,88
	Février	0,95
	Mars	0,95
	Avril	0,97
	Mai	0,47

Ammoniaque dosée dans la pluie tombée sur la terrasse de l'Observatoire de Paris, par M. Barral (1).

		Ammoniaque dans 1 litre de pluie. millig.
1851.	Juillet	3,77
	Août	5,63
	Septembre	1,82
	Octobre	1,08
	Novembre	3,85
	Décembre	5,45

(1) *Recherches analytiques sur les eaux pluviales.*

SUR LE

DOSAGE DE L'ACIDE NITRIQUE

EN PRÉSENCE

DES MATIÈRES ORGANIQUES.

Dans un travail sur la composition de l'eau de la mer Morte (1), ayant été conduit à étudier les divers réactifs proposés pour découvrir ou pour doser l'acide nitrique, je me suis arrêté à l'emploi de l'indigo dissous dans l'acide sulfurique. Le procédé, tel qu'il a été indiqué depuis longtemps par M. Liebig, consiste, comme on sait, à colorer très-faiblement avec du sulfate d'indigo quelques centimètres cubes d'un liquide dans lequel l'on soupçonne un nitrate. Ajoutant ensuite une goutte d'acide sulfurique, et faisant bouillir, on voit la teinte bleue s'affaiblir et disparaître, s'il y a de l'acide nitrique. Un petit fragment de sel marin exalte l'action du réactif, à ce point que l'on peut reconnaître dans une dissolution $\frac{1}{500}$ d'acide nitrique, de sorte que dans 1 centimètre cube d'eau on constaterait facilement 2 milligrammes d'acide appartenant à un nitrate.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVIII, 3e série, p. 129.

Ce n'est pas là, il s'en faut bien, la limite de la sensibilité de l'acide sulfo-indigotique, et je montrerai qu'en substituant l'acide chlorhydrique à l'acide sulfurique, il est possible de la pousser beaucoup plus loin, non-seulement pour déceler les nitrates, mais encore pour les doser avec une grande exactitude dans les liquides où ils ne se trouvent qu'en très-faible quantité.

Lorsque l'indigo est appliqué au dosage de l'acide nitrique, il est indispensable de le faire agir sous l'influence de réactifs qui soient, sinon d'une pureté absolue, au moins exempts de tout ce qui serait capable de le décolorer. Par conséquent, je commencerai par donner les moyens de purifier les agents dont le concours est nécessaire.

Purification de l'indigo. — Cet acide doit être fait avec de l'indigo pur, ou tout au moins débarrassé des matières organiques qui lui sont associées.

On purifie l'indigo du commerce, soit en précipitant par l'action de l'air l'indigo blanc d'une solution alcaline, soit en le traitant par divers dissolvants. C'est à ce dernier procédé que je donne la préférence, parce qu'il est plus rapide, d'une exécution plus facile, et qu'il procure une matière qui, si elle n'est pas absolument pure, ne contient du moins aucun principe capable de troubler la netteté de la réaction qu'il s'agit de produire.

Voici comment on opère :

50 grammes d'indigo en poudre très-fine sont mis en digestion, à la température de 40 degrés, dans un litre d'eau distillée; au bout de 24 heures, la solu-

tion, fortement colorée en brun, est décantée et remplacée par de nouvelle eau, qu'on laisse digérer encore pendant 24 heures. Cette eau, bien moins colorée que celle qui l'avait précédée, est enlevée par décantation : on verse alors sur l'indigo $\frac{3}{4}$ de litre d'une liqueur acide formée de parties égales d'eau et d'acide chlorhydrique pur et fumant. On fait bouillir pendant une heure, et, après le refroidissement, on recueille la partie non dissoute dans un filtre sur lequel on la lave à l'eau distillée chaude d'abord, à l'eau froide ensuite, jusqu'à ce que ce liquide passe incolore et neutre au papier réactif.

Le résidu, desséché sur le filtre resté dans l'entonnoir, est traité par l'éther (1). Pour prévenir une trop grande déperdition de ce dissolvant, l'entonnoir est placé sous une cloche. L'éther des premiers lavages est fortement coloré en pourpre ; puis à la teinte pourpre succède une teinte bleu-clair due à ce que l'indigo est soluble en minime proportion dans l'éther.

L'éther coloré par les lavages est immédiatement distillé dans un appareil monté à cet effet, puis replacé sur l'indigo. On reconnaît que le lavage est poussé assez loin, quand l'éther n'est plus que faiblement coloré en une teinte franchement bleue. En opérant ainsi, on a obtenu de 50 grammes d'indigo brut 27 grammes d'indigo sec et purifié, non pas absolument, puisque, par la combustion, il laissait des cendres formées en grande partie de silice, mais dé-

---

(1) On a supprimé le lavage à l'alcool, après avoir reconnu que ce que l'alcool dissout est soluble dans l'éther.

barrassé des matières solubles, des substances colorantes auxquelles il était mêlé avant le traitement.

Préparation de l'acide sulfo-indigotique. — Sur 5 grammes d'indigo purifié, placé dans un flacon fermant à l'émeri, on verse peu à peu, en agitant, 25 grammes d'acide sulfurique de Nordhausen; on laisse digérer pendant deux ou trois jours dans une étuve dont, durant le jour seulement, on entretient la température à 50 ou 60 degrés. On obtient un produit visqueux d'un bleu intense soluble dans l'eau, en y occasionnant de la chaleur, mais sans laisser de résidu appréciable. C'est avec cet acide que l'on se procure la teinture pour le dosage de l'acide nitrique.

Purification de l'acide chlorhydrique. — L'acide chlorhydrique considéré comme pur dans les laboratoires renferme quelquefois, comme je m'en suis assuré, certains principes capables de déterminer la dissolution de l'or et la destruction de l'indigo. Que ces principes soient du chlore ou des produits nitreux, il suffit pour les expulser de faire bouillir l'acide dans un matras jusqu'à ce qu'il ait perdu à peu près le cinquième de son volume. L'acide est nécessairement affaibli par cette ébullition ; mais pour les dosages dont il est question, il n'est pas nécessaire qu'il soit concentré, il doit être légèrement fumant.

Il est possible d'obtenir directement de l'acide chlorhydrique propre au dosage de l'acide nitrique, en mettant dans un ballon de 2 litres de capacité (*fig.* 1, *Pl. III*), 1 litre d'acide chlorhydrique du commerce; un tube partant du col du ballon se rend au fond d'un flacon maintenu dans une terrine pleine

d'eau servant de réfrigérant. L'extrémité du tube plonge dans un peu d'eau distillée. On chauffe jusqu'à l'ébullition, et l'on arrête l'opération quand environ les deux tiers de l'acide ont passé. L'acide distillé est incolore, et n'a ordinairement aucune action sur l'or ni sur la teinture d'indigo. Ce dont toutefois il faut s'assurer par un essai préalable : s'il n'en était pas ainsi, il faudrait mettre l'acide distillé dans un matras, et le faire bouillir pendant quelques minutes.

Préparation de la teinture d'indigo. — L'intensité que doit avoir la teinture bleue est naturellement subordonnée aux quantités d'acide nitrique qu'il s'agit de doser. Comme pour la commodité des opérations il est convenable de ne pas employer un trop grand volume de liquide bleu, on fait usage de trois sortes de teinture destinées à doser :

La première	0,01 gr	à	0,02 gr	de nitrate de potasse.
La deuxième	0,001	à	0,002	
La troisième	0,0001	ou	0,0002	

Ces divisions sont établies pour donner la plus grande exactitude possible aux dosages, car pour des recherches qui n'exigeraient pas une extrême précision, il suffirait de la première teinture.

La quantité d'acide sulfo-indigotique qu'il convient d'ajouter à un volume d'eau pour en faire de la teinture, dépend de la force de cet acide bleu. Avec celui dont on a précédemment indiqué la préparation, on a :

La 1re teinture en en mettant :	200 gouttes dans	100 centimètres cubes d'eau distillée.
La 2e teinture.	20	
La 3e teinture.	2	

Après tout, ce n'est qu'en procédant par tâtonnement que l'on arrive à faire une teinture telle qu'on la désire; mais avant d'indiquer comment on en prend le titre, il convient de montrer jusqu'où va la sensibilité de l'indigo comme réactif de l'acide nitrique. Que l'on prenne deux tubes à réaction A et B semblables à celui représenté *fig.* 2; ces tubes ont 14 centimètres de longueur et un diamètre intérieur de $1^c,5$; le verre doit en être peu épais, autrement l'ébullition aurait lieu avec soubresauts. Dans A que l'on mette 1 centimètre cube d'eau distillée à laquelle on ajoutera $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique purifié; dans B 1 centimètre cube d'une dissolution contenant $0^{millig},1$ de nitrate de potasse, et qu'on y ajoute aussi $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique. Que l'on colore maintenant les liquides, dans chacun des deux tubes, avec une ou deux gouttes de la troisième teinture, de manière à y faire naître une teinte d'un bleu de ciel très-pâle. Si l'on chauffe A à la flamme de la lampe à esprit-de-vin, si l'on fait bouillir, la couleur ne disparaîtra pas, elle ne diminuera même pas d'intensité. Si, au contraire, l'on chauffe B, où il y a $0^{millig},1$ de nitrate, il suffira de quelques secondes pour rendre le liquide entièrement incolore.

Réservant le tube A, dont le liquide n'a pas été décoloré, comme témoin de la teinte initiale, que l'on mette dans le tube B, après l'avoir vidé et bien nettoyé, 1 centimètre cube d'une dissolution renfermant $0^{millig},033$ de nitrate de potasse, et, comme précédemment, $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, puis deux gouttes de teinture. Après quelques

minutes d'ébullition, lorsque, par l'évaporation, le liquide sera réduit à $\frac{3}{4}$ de centimètre cube, il sera décoloré (1).

Ce n'est pas encore là la limite de la sensibilité du réactif. Ainsi, que l'on introduise dans le tube B un centimètre cube d'eau tenant $0^{millig},01$ de nitrate de potasse et $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, que l'on colore avec une goutte de la teinture la plus faible, qu'ensuite on fasse bouillir jusqu'à ce que le liquide n'occupe plus qu'un volume de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de centimètre cube, la teinte bleue disparaîtra. La réaction sera de la plus grande netteté. En opérant de la même manière sur 1 centimètre cube d'eau n'ayant que $0^{millig},005$ de nitrate, on ne parviendra peut-être pas à déterminer une décoloration complète, mais la présence de l'acide nitrique n'en sera pas moins mise en évidence, parce que, lorsque par la concentration dans le tube le volume du liquide sera réduit à $\frac{2}{10}$ de centimètre cube, la teinte bleue sera bien moins intense qu'elle ne l'était avant qu'on eût fait bouillir. L'affaiblissement de la teinte accusera bien certainement la présence de l'acide nitrique, et si dans cette circonstance la décoloration n'est pas achevée, cela provient de ce qu'il y a trop d'indigo. Cela est si vrai, que l'on rend à la réaction toute sa netteté en diminuant la coloration initiale. Par exemple, que l'on dispose tout comme

(1) Ces quantités impondérables de nitrate, il est à peine nécessaire de le dire, sont obtenues au moyen de dissolutions dont on connaît la contenance en nitrate et que l'on étend d'eau de manière à avoir dans 1 centimètre cube de liquide telle minime quantité de nitrate que l'on voudra.

précédemment dans le tube B, en colorant toutefois la liqueur avec une demi-goutte de teinture. La coloration sera alors si faible, qu'il faudra une certaine habitude pour l'apercevoir. En concentrant, en amenant le liquide à un volume de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de centimètre cube, il ne se manifeste aucune coloration bleue; l'indigo aura été détruit, et la preuve, c'est que si à 1 centimètre cube d'eau pure additionnée de $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, on ajoute une demi-goutte de teinture faible, et que l'on concentre, on verra la couleur bleue, presque invisible d'abord, accroître d'intensité à mesure que le liquide diminuera de volume.

J'ajouterai que par un moyen semblable, en agissant par voie de comparaison, l'on rend parfaitement sensible, dans 1 centimètre cube de liquide $0^{\text{millig}},001$ de nitrate de potasse. Ainsi, à l'aide d'une teinture d'acide sulfo-indigotique, on parvient à découvrir dans de l'eau distillée $\frac{5}{10000}$ de milligramme d'acide nitrique ($0^{\text{gr}},0000054$) (1), et cela quel que soit le volume de cette eau, puisque par l'évaporation il est toujours possible de le ramener à quelques centimètres cubes.

Dans la recherche comme dans le dosage des nitrates par la teinture d'indigo, on est obligé de faire bouillir, d'évaporer dans le tube même plusieurs centimètres cubes de liquide. L'ébullition est souvent saccadée, et si l'on maintenait immobile le tube d'essai lorsqu'il est chauffé par la flamme de l'alcool ou du gaz, le liquide en ébullition serait projeté. Il est

(1) Acide nitrique entrant dans $0^{\text{millig}},001$ de nitrate de potasse.

nécessaire, pour prévenir cette projection, d'agiter continuellement le tube placé sous une certaine inclinaison et serré entre les mâchoires d'une pince en bois (*fig.* 3); l'usage apprend bien vite la nature du mouvement qu'il faut imprimer pour que l'ébullition s'accomplisse sans accident. L'opérateur doit avoir à sa portée un verre à pied au fond duquel on a bourré un tampon de papier à filtrer, pour y déposer le tube (*fig.* 2), puis le flacon contenant l'acide chlorhydrique pur, où plonge un tube effilé divisé vers le bas en capacités de centimètre cube pour puiser l'acide que l'on doit introduire dans le tube (*fig.* 4).

Détermination du titre de la teinture d'indigo. — Prendre le titre d'une teinture d'indigo, c'est chercher combien un poids donné de nitrate de potasse décolorera de cette teinture sous l'influence de l'acide chlorhydrique. Le nitrate introduit dans le tube à essai est dans une dissolution dont on connaît la teneur. On doit avoir, pour ce genre de détermination, plusieurs dissolutions de nitrate de potasse renfermant par volume de 2 centimètres cubes :

$0^{gr},01 \qquad 0^{gr},001 \qquad 0^{gr},0001$ de sel.

Ces solutions sont mises dans des flacons bouchant à l'émeri et gardées avec toutes les précautions que l'on prend pour conserver les dissolutions normales, c'est-à-dire que le flacon ne doit jamais rester ouvert que le temps nécessaire pour y puiser de la liqueur. Lorsqu'on n'en a plus besoin, le bouchon est garni d'une coiffe en caoutchouc pour empêcher l'évaporation que la fermeture en cristal ne prévient pas toujours. Supposons à présent qu'il y ait à prendre le titre d'une

teinture destinée à doser l'acide nitrique contenu dans 1 milligramme de nitrate de potasse, teinture obtenue en laissant tomber dans 500 centimètres cubes d'eau distillée 100 gouttes d'acide sulfo-indigotique (1).

On placera dans le tube à essai 2 centimètres cubes de la dissolution renfermant pour ce volume 1 milligramme de nitrate, en les puisant dans le flacon avec un tube effilé gradué en centimètres cubes, subdivisés en dixièmes assez largement pour qu'on puisse facilement estimer le demi-dixième. On voit maintenant pourquoi il est préférable d'avoir incorporé dans la dissolution 1 milligramme de nitrate dans 2 centimètres cubes, et non pas dans 1 centimètre cube seulement. Avec la graduation du tube effilé dont on se sert pour puiser la dissolution, on répond de $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de liquide, représentant $\frac{1}{40}$ de milligramme de nitrate. Si la dissolution renfermait 1 milligramme de nitrate par centimètre cube, on ne pourrait répondre que de $\frac{1}{20}$ de milligramme de ce sel, précision, au reste, bien suffisante dans la plupart des cas.

De la teinture d'indigo à titrer, et qui doit, une fois son titre déterminé, être employée aux dosages, est mise dans la burette graduée de Gay-Lussac (*fig.* 5). Cette burette, portant une division en dixièmes de centimètre cube, me paraît préférable à toutes celles que l'on a proposées; elle lâche son liquide goutte à goutte, elle est solidement établie, ses dimensions ne

(1) La teinture ainsi obtenue est ordinairement limpide; si par hasard elle ne l'était pas, il faudrait la filtrer.

sont pas incommodes, on y conserve très-bien la teinture si l'on a la précaution de tenir son ouverture fermée avec un bouchon de liége. La meilleure manière, à mon avis, de mettre la burette au repos, c'est de la poser dans une éprouvette à pied assez large au fond de laquelle on a tassé du papier à filtrer. Les 2 centimètres cubes de dissolution tenant 1 milligramme de nitrate étant introduits dans le tube, on concentre jusqu'à réduction à un volume de 1 centimètre cube, *jugé à l'œil,* puis on ajoute le $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, et immédiatement après on laisse tomber dans le liquide acide quelques gouttes de la teinture de la burette. La liqueur à titrer étant suffisamment colorée, on chauffe, et s'il arrive, comme cela serait certainement le cas dans l'exemple que j'ai choisi, que la décoloration ait lieu à la première impression de la chaleur, on s'empresse de verser encore plusieurs gouttes de teinture. Si la liqueur chaude et acide est riche en nitrate, la teinture est décolorée à mesure qu'elle tombe dans le liquide. Lorsque la décoloration n'est plus instantanée, on chauffe, on concentre la liqueur par l'ébullition, en ajoutant de la teinture à mesure qu'elle se décolore. Il convient même de faire cette addition avant que la décoloration soit complète. Quand on a mis une certaine quantité de teinture, la couleur du liquide n'est plus bleue; elle est d'un vert bleuâtre à cause du mélange de la teinte jaune particulière à l'indigo modifié. La nuance verte est toujours l'indice d'un léger excès d'indigo. En faisant bouillir, en concentrant, la nuance bleue disparaît, en se rapprochant de plus en plus du jaune, indice de

l'absence de l'indigo. C'est alors le cas de verser de la teinture, avec précaution, et seulement jusqu'à ce que le bleu domine légèrement. Si l'ébullition ne fait pas virer au vert, on ajoute $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, qui ordinairement efface aussitôt la prédominance du bleu, et quelquefois même fait virer au jaune. On verse alors une ou deux gouttes de teinture pour faire reparaître le ton bleu, que l'on fera disparaître par l'ébullition, ou, s'il persistait, par l'addition d'un troisième $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique. On arrive ainsi à obtenir une teinte permanente vert de chrome. Si, par l'ébullition et la concentration, par l'addition d'acide chlorhydrique, le vert de chrome ne change plus de teinte, on a la preuve que l'acide nitrique était déjà détruit lorsqu'on a formé le vert de chrome par l'addition de la dernière goutte de teinture ajoutée; elle a donc été mise en excès, et il y a lieu de la retrancher, soit en totalité, soit en partie, suivant l'intensité de la nuance persistante, c'est-à-dire indestructible et restant verte malgré l'ébullition, la concentration et le concours de l'acide chlorhydrique; correction peu influente, toujours facile à faire, puisque l'on sait ce que représente la goutte, ou la fraction de goutte mise en excès, en divisions de la burette.

La teinte vert-chrome persistante est tellement définitive, elle est si bien l'indice de l'entière destruction de l'acide nitrique, qu'il n'est plus au pouvoir de l'opérateur, je ne dis pas de la faire disparaître, mais même de la modifier. Une fois qu'elle est obtenue, il n'y a plus qu'à lire sur la burette pour connaître combien l'acide de 1 milligramme de nitrate de potasse a détruit de teinture d'indigo.

Voici le résultat d'une prise de titre :

La dissolution contenait 1 milligramme de nitrate de potasse $= 0^{\text{millig}},534$ d'acide nitrique.

On a détruit teinture..................	$16\overset{\text{div}}{,}3$	soit $1\overset{\text{cc}}{,}63$
Correction pour la teinture mise en excès	0,3	
Teinture...	16,0	

Ainsi 16 divisions de la teinture ont exigé, pour être décolorées par l'intervention de l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique de 1 milligramme de nitrate de potasse, soit $0^{\text{millig}},534$. Chaque division de la teinture titrée représentait donc $0^{\text{millig}},033$ d'acide nitrique, et comme, avec un peu de pratique, l'on estime aisément la décoloration d'une demi-division, l'on pouvait, avec cette teinture, accuser 1 centième $\frac{1}{2}$ de milligramme d'acide nitrique contenu dans de *l'eau distillée*. Sans aucune habitude du procédé, il est possible de répondre de la décoloration d'une division de teinture ; on accuse donc certainement :

$$\frac{0^{\text{millig}},534}{16} = 0^{\text{millig}},033$$

d'acide nitrique d'un nitrate dissous dans de *l'eau pure*.

Si l'on faisait usage d'une teinture préparée pour doser l'acide nitrique de 1 centigramme de nitrate de potasse, teinture obtenue en laissant tomber 200 gouttes d'acide sulfo-indigotique dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, que le volume de la teinture détruite fût, par exemple, de 21,4 divisions, et qu'on répondît d'une division, on accuserait ainsi l'acide nitrique contenu dans $\frac{1}{21}$ de centigramme de nitrate de potasse, soit $0^{\text{gr}},00025$; l'opérateur le moins expert

ne pourrait certainement pas commettre une erreur de 1 division, et l'acide serait, alors même qu'il la commettrait, dosé à $\frac{1}{4}$ de milligramme. En se servant d'une teinture assez faible, celle que l'on prépare avec deux gouttes d'acide sulfo-indigotique ajoutées à 100 centimètres cubes d'eau distillée, pour qu'il fallût en ajouter 18 divisions de la burette afin de détruire l'acide nitrique de $0^{gr},0001$ de nitrate de potasse, l'acide nitrique correspondant à 1 division de la burette serait $0^{gr},000003$.

On a dû nécessairement se demander si le volume de teinture détruit est proportionnel au poids de l'acide nitrique qui occasionne la destruction. L'expérience a montré qu'il en est ainsi; on rapportera quelques-uns des nombreux essais faits pour s'en assurer.

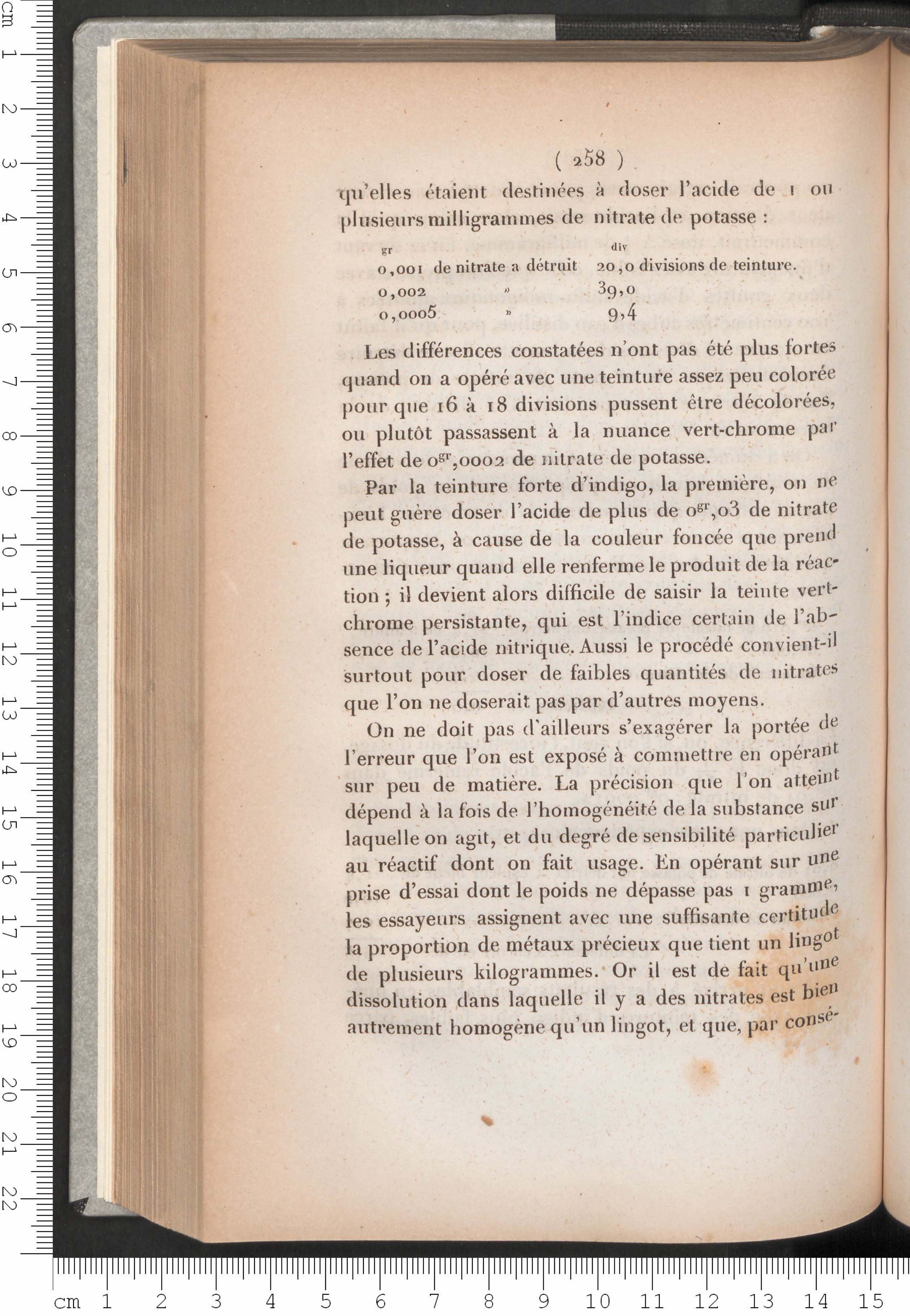
$0^{gr},010$ de nitrate de potasse ont détruit	$21^{div},4$	de teinture.
$0^{gr},005$ » »	10,2	
On aurait dû en détruire...........	10,7	
Différence...	0,5	

La différence, ou, si l'on veut, l'incertitude du dosage, est donc le $\frac{1}{42}$ du poids de l'acide renfermé dans $0^{gr},01$ de nitrate : $0^{gr},00012$.

Dans une autre expérience :

$0^{gr},01$ de nitrate de potasse ont détruit la couleur bleue de	$21^{div},4$
0,005 » »	10,2
On aurait dû détruire........................	10,7
La différence a encore été de...	0,5

On est arrivé à des résultats semblables en opérant avec des teintures d'indigo plus faibles, parce



qu'elles étaient destinées à doser l'acide de 1 ou plusieurs milligrammes de nitrate de potasse :

gr		div
0,001	de nitrate a détruit	20,0 divisions de teinture.
0,002	»	39,0
0,0005	»	9,4

Les différences constatées n'ont pas été plus fortes quand on a opéré avec une teinture assez peu colorée pour que 16 à 18 divisions pussent être décolorées, ou plutôt passassent à la nuance vert-chrome par l'effet de $0^{gr},0002$ de nitrate de potasse.

Par la teinture forte d'indigo, la première, on ne peut guère doser l'acide de plus de $0^{gr},03$ de nitrate de potasse, à cause de la couleur foncée que prend une liqueur quand elle renferme le produit de la réaction ; il devient alors difficile de saisir la teinte vert-chrome persistante, qui est l'indice certain de l'absence de l'acide nitrique. Aussi le procédé convient-il surtout pour doser de faibles quantités de nitrates que l'on ne doserait pas par d'autres moyens.

On ne doit pas d'ailleurs s'exagérer la portée de l'erreur que l'on est exposé à commettre en opérant sur peu de matière. La précision que l'on atteint dépend à la fois de l'homogénéité de la substance sur laquelle on agit, et du degré de sensibilité particulier au réactif dont on fait usage. En opérant sur une prise d'essai dont le poids ne dépasse pas 1 gramme, les essayeurs assignent avec une suffisante certitude la proportion de métaux précieux que tient un lingot de plusieurs kilogrammes. Or il est de fait qu'une dissolution dans laquelle il y a des nitrates est bien autrement homogène qu'un lingot, et que, par consé-

quent, les quelques centimètres cubes de liquide prélevés pour l'analyse offrent plus de garantie qu'une prise d'essai coupée dans une masse métallique.

Si dans un litre d'eau il y a $0^{gr},1$ de nitrate, on peut, en évaporant, réduire le volume de la dissolution à 10 centimètres cubes. Si l'on prend maintenant 2 centimètres de la liqueur ainsi concentrée pour y doser l'acide nitrique avec une teinture accusant à $\frac{1}{20}$ près de centigramme le nitrate, $0^{gr},0005$ représentera l'erreur probable que l'on commettra, soit dans un sens, soit dans l'autre, erreur qui sera multipliée par 5, puisque l'on a opéré sur le cinquième de la dissolution réduite à 10 centimètres cubes. On pourra donc accuser en nitrate :

	$0^{gr},1025$
Ou................	0,0975
Au lieu de..........	0,100

La sensibilité de la teinture d'indigo augmentant à mesure que son intensité en couleur diminue, avec des teintures 10 fois, 100 fois moins intenses, on répondra de $\frac{1}{20}$ de milligramme, de $\frac{5}{1000}$ de milligramme de nitrate.

Une teinture titrée d'indigo, préparée suivant la prescription indiquée et agissant avec le concours de l'acide chlorhydrique pur, permet, sans aucun doute, de doser avec certitude l'acide de quelques centièmes de milligrammes de nitrates dissous dans de l'eau distillée; mais lorsque je voulus appliquer ce mode de dosage à la détermination des très-faibles proportions de nitrates que les eaux pluviales renferment ordinairement, le réactif indigo présenta les plus singulières anomalies.

Ainsi, de nombreuses expériences ont fait voir que si l'on ajoutait 1 milligramme, et même une fraction de milligramme de nitrate de potasse à 1 litre d'eau distillée, on retrouvait, à quelques centièmes de milligramme près, la minime quantité de sel introduite; mais que si l'on faisait la même addition à 1 litre de pluie, on ne retrouvait pas toujours le nitrate ajouté, quelquefois même il était impossible d'en déceler la moindre trace. J'ai eu l'occasion de faire cette remarque, que la perte éprouvée est d'autant plus forte, que l'eau par la concentration acquiert une teinte ambrée plus prononcée. Dans deux essais où l'eau de pluie concentrée était restée incolore, l'indigo accusa la totalité du nitrate que l'on avait mis.

C'est que l'eau de pluie, même la plus limpide, celle qui tombe dans les champs, dans les forêts, n'est presque jamais exempte d'une matière soluble, de nature organique, que Zimmermann, Brandes, Hermbstadt, et plus récemment M. Barral ont aperçue, et que les premiers de ces observateurs ont désignée sous les noms de *résine*, de *pyrrhine*, de *mucus*. C'est à cette matière, dont la constitution est encore inconnue, que j'attribue les difficultés que l'on a rencontrées dans le dosage de l'acide nitrique des eaux pluviales par la teinture d'indigo. Au reste, elle n'est pas, on le pense bien, la seule substance organique capable d'affecter ce dosage : le sucre, le glucose, la gomme, la dextrine, la gélatine agissent de la même manière et tout aussi défavorablement ; mais, chose remarquable, l'acide acétique, les acétates, les acides tartrique, oxalique, les sels ammoniacaux, ne le gênent en aucune façon : le réactif conserve toute

sa sensibilité. Voici le détail de quelques essais :

I. $0^{gr},001$ de nitrate de potasse détruisait $9^{div},7$ de la teinture dont on se servait.

En ajoutant à $0^{gr},001$ de nitrate $0^{gr},01$ de gomme arabique, on n'a plus détruit que $1^{div},0$ de teinture.

II. $0^{gr},001$ de nitrate de potasse, additionné de $0^{gr},01$ de sucre candi, n'a plus détruit de teinture.

III. $0^{gr},001$ de nitrate de potasse, après avoir reçu $0^{gr},01$ de gélatine, n'a plus détruit que $6^{div},5$ de teinture.

Si l'on eût voulu doser le nitrate, l'on aurait eu :

$9^{div},7 : 0,001 :: 6,5 : = 0^{gr},00067$ nitrate trouvé.
$0^{gr},00033$ perte.
$0^{gr},00100$ nitrate ajouté.

Ainsi le $\frac{1}{3}$ du nitrate eût échappé au dosage.

IV. $0^{gr},001$ de nitrate mêlé à $0^{gr},01$ d'acide tartrique a détruit

	$10^{div},2$	de la teinture.
	9,7	titre.
Excédant...	0,5	

On avait mis nitrate	$0^{gr},0001$
Trouvé	0,000105
Excédant...............	0,000005

La présence de l'acide tartrique n'a pas empêché le dosage.

V. $0^{gr},001$ de nitrate de potasse, mêlé à $0^{gr},01$ d'acide citrique, a détruit $9^{div},7$ de teinture, exactement ce qu'il détruisait en l'absence de l'acide citrique.

VI. $0^{gr},001$ de nitrate de potasse, mélangé à $0^{gr},01$ d'acide oxalique très-pur, a détruit..... 9,5 divisions de teinture.

Dont le titre était........ 9,7

Différence... 0,2 représentant une perte en nitrate de $0^{gr},00002$.

Les résultats de ces expériences étaient à prévoir. Quand une substance de nature combustible se trouve en présence d'un nitrate dissous dans un grand excès d'acide chlorhydrique, l'eau régale formée dans cette circonstance, ou réagira de préférence sur les éléments de la matière organique, les brûlera, et dans ce cas l'indigo ne sera pas attaqué : le dosage par cet agent deviendra dès lors impossible ; ou l'eau régale réagira à la fois sur la matière organique et sur l'indigo, dont une partie seulement sera détruite, et dans ce second cas le dosage sera incomplet. Au reste, la propriété éminemment oxydante de l'acide nitrique, aussitôt qu'il est mis en liberté, est l'écueil des procédés recommandés pour doser les nitrates lorsqu'ils sont mêlés à des matières combustibles.

Pour déterminer, au moyen de l'indigo, l'acide nitrique d'un liquide contenant des substances capables, comme le glucose, de s'opposer à la réaction, je compris qu'il était indispensable d'éliminer, pour plus de sûreté, toutes les matières organiques.

Lorsque l'on brûle une plante, on trouve dans les cendres les bases minérales unies ordinairement à l'acide phosphorique, à l'acide sulfurique, à l'acide carbonique. Les carbonates ne préexistaient pas dans ces végétaux, du moins en proportion notable, leurs bases y étaient combinées à des acides organiques détruits pendant l'incinération et dont le carbone a donné lieu à une production d'acide carbonique.

Si la plante contenait des nitrates, et généralement les plantes en contiennent, on ne les rencontre pas dans les cendres. A leur place il y a des carbonates, l'acide des nitrates étant détruit par le feu, comme le

sont les acides organiques, avec cette différence que l'oxygène de l'acide nitrique concourt avec l'oxygène de l'air à la combustion des éléments combustibles, formant de l'eau avec l'hydrogène, et avec le carbone de l'acide carbonique qui s'unit aux bases alcalines des nitrates. Dans les cendres un carbonate est substitué à un nitrate.

Je me suis demandé s'il ne serait pas possible de brûler les éléments d'une matière organique mêlée à un nitrate, en opérant, non plus dans l'atmosphère, mais dans un milieu d'une telle nature, que l'oxygène de l'acide nitrique ne puisse pas intervenir comme comburant, dans des conditions telles, en un mot, que l'on retrouvât les nitrates dans le résidu de la combustion, comme on y retrouve les sulfates, les phosphates, les chlorures alcalins, sauf ensuite, pour la facilité du dosage, à mettre à profit la volatilité de l'acide nitrique pour dégager cet acide de ses combinaisons, l'isoler, le peser.

Il s'agissait, on le voit, de brûler le carbone et l'hydrogène par de l'oxygène naissant, plus actif que l'oxygène de l'acide nitrique et que l'on obtient si facilement et si abondamment en faisant réagir l'acide sulfurique sur l'acide chromique. Agent d'oxydation tellement efficace, qu'un habile chimiste, M. Brunner, l'a employé avec succès pour brûler et doser le carbone, non-seulement du sucre, de l'amidon, matières d'une combustion facile, mais encore le carbone de copeaux de bois, de la houille, de la plombagine. En augmentant jusqu'à certaines limites les proportions d'acide sulfurique et de bichromate de potasse, on n'a plus à craindre qu'il se forme de l'acide formique,

tout l'hydrogène, tout le carbone sont transformés en eau et en acide carbonique.

Dans cette combustion énergique et rapide, se réalisant au sein d'un liquide incessamment pourvu d'oxygène naissant, il m'a semblé que l'acide nitrique ne serait pas modifié, ou que s'il l'était momentanément à cause du contact avec la matière combustible, l'oxygène qu'il aurait cédé lui serait immédiatement restitué. Des expériences multipliées m'ont prouvé, en effet, que l'acide nitrique persiste dans le liquide comburant après que la substance organique a été brûlée. Il suffit, alors que le calme est rétabli dans la cornue où a lieu la réaction, ce qui est l'indice de la fin de la combustion, il suffit, dis-je, de chauffer et de recevoir le liquide qui passe à la distillation. Dans ce liquide acide distillé se trouve l'acide des nitrates qui étaient mêlés à la matière organique.

En saturant exactement par une addition d'eau de baryte (1), séparant par le filtre le sulfate mélangé d'un peu de chromate provenant de l'acide chromique et de l'acide sulfurique entraînés, évaporant au bain-marie, l'on obtient le nitrate de baryte dosant l'acide nitrique.

Pour montrer comment il faut procéder, je décrirai deux expériences.

L'appareil consiste en une cornue tubulée dont le col entre dans un petit ballon servant de récipient (*fig.* 6). Si l'on opérait sur une assez forte dose de

---

(1) L'eau de baryte préparée par l'action de l'oxyde de cuivre sur le sulfure de barium, afin d'être certain qu'elle ne tient pas de nitrate de baryte en dissolution.

matières, le ballon devrait porter une tubulure à laquelle on adapterait un tube droit pour porter les gaz sous une cheminée, et pour faciliter la condensation des vapeurs entraînées.

EXPÉRIENCE I.

Dans la cornue on a introduit 5 grammes de bichromate de potasse pur, en poudre (1), $0^{gr},5$ de sucre candi, $0^{gr},5$ de nitrate de potasse et 10 centimètres cubes d'eau distillée; dans la cornue on a mis des fragments de verre, jusqu'en V. Au moyen d'un tube effilé ajusté momentanément sur la tubulure on a versé dans la cornue, peu à peu, 6 centimètres cubes d'acide sulfurique pur et surtout exempt de composés nitreux. La réaction a été d'abord assez vive, et pour la modérer il a suffi de plonger la panse de la cornue dans de l'eau froide; bientôt elle s'est calmée. On a ôté le tube effilé, puis après avoir fermé la cornue avec son bouchon, on l'a chauffée modérément avec la flamme de l'alcool, en prenant la précaution de ne pas appliquer le feu sous la panse, mais tout à l'entour en imprimant un mouvement circulaire à la lampe, un mouvement lent, mais continu, pour prévenir les soubresauts.

La réaction a cessé bientôt d'être tumultueuse, la

(1) Le bichromate du commerce renferme ordinairement des chlorures, et assez souvent aussi du nitrate de potasse. On le purifie par des cristallisations répétées. Si l'on faisait usage d'un sel qui ne fût pas entièrement exempt de nitrates, il faudrait faire, parallèlement à l'analyse, une expérience à blanc, qui donnerait la correction à appliquer.

distillation a eu lieu sans difficultés; la liqueur acide, réunie dans le récipient, était d'abord incolore, puis, vers la fin, légèrement colorée en jaune par de l'acide chromique ou du bichromate entraîné. On a cessé de chauffer lors de l'apparition de quelques vapeurs blanches, indices du passage de l'acide sulfurique. L'appareil étant démonté, l'on a lavé avec quelques centimètres cubes d'eau l'intérieur du col de la cornue, de manière à réunir dans le récipient tout le liquide acide que l'on a saturé, dans le ballon même, par de l'eau de baryte mise en très-léger excès. Pour séparer cet excès de baryte, l'on a fait passer, pendant quelques instants, un courant d'acide carbonique dans le liquide du ballon à l'aide de l'appareil représenté *fig.* 7 (1); l'on a ensuite porté à l'ébullition pour chasser le gaz acide carbonique. Le précipité, peu abondant d'ailleurs, consistait surtout en sulfate mêlé d'un peu de carbonate et de chromate de baryte; c'est à ce dernier sel qu'il devait sa teinte jaune pâle. On a filtré sur un papier Berzelius. Le liquide clair, y compris l'eau de lavage, a été reçu dans une capsule de porcelaine dans laquelle on a évaporé à la chaleur d'un bain-marie; c'est dans cette même capsule que le nitrate de baryte a été complétement desséché.

---

(1) Cet appareil consiste en un flacon, *a*, dans lequel il y a du bicarbonate de soude et de l'eau. Par le tube droit l'on fait arriver de l'acide sulfurique pour décomposer le bicarbonate. Le flacon *b* contient de l'eau dans laquelle est lavé le gaz acide carbonique qui se rend dans le ballon *c* pour précipiter, à l'état de carbonate, la baryte mise en excès.

Le nitrate de baryte a pesé........	gr 0,6400	
Équivalent à nitrate de potasse.....	0,4954	
On avait employé nitrate de potasse.	0,5000	
Perte en nitrate...	0,0046	= 0gr,002 d'acide nitrique

Sur 0gr,267 contenus dans 0gr,5 de nitrate de potasse.

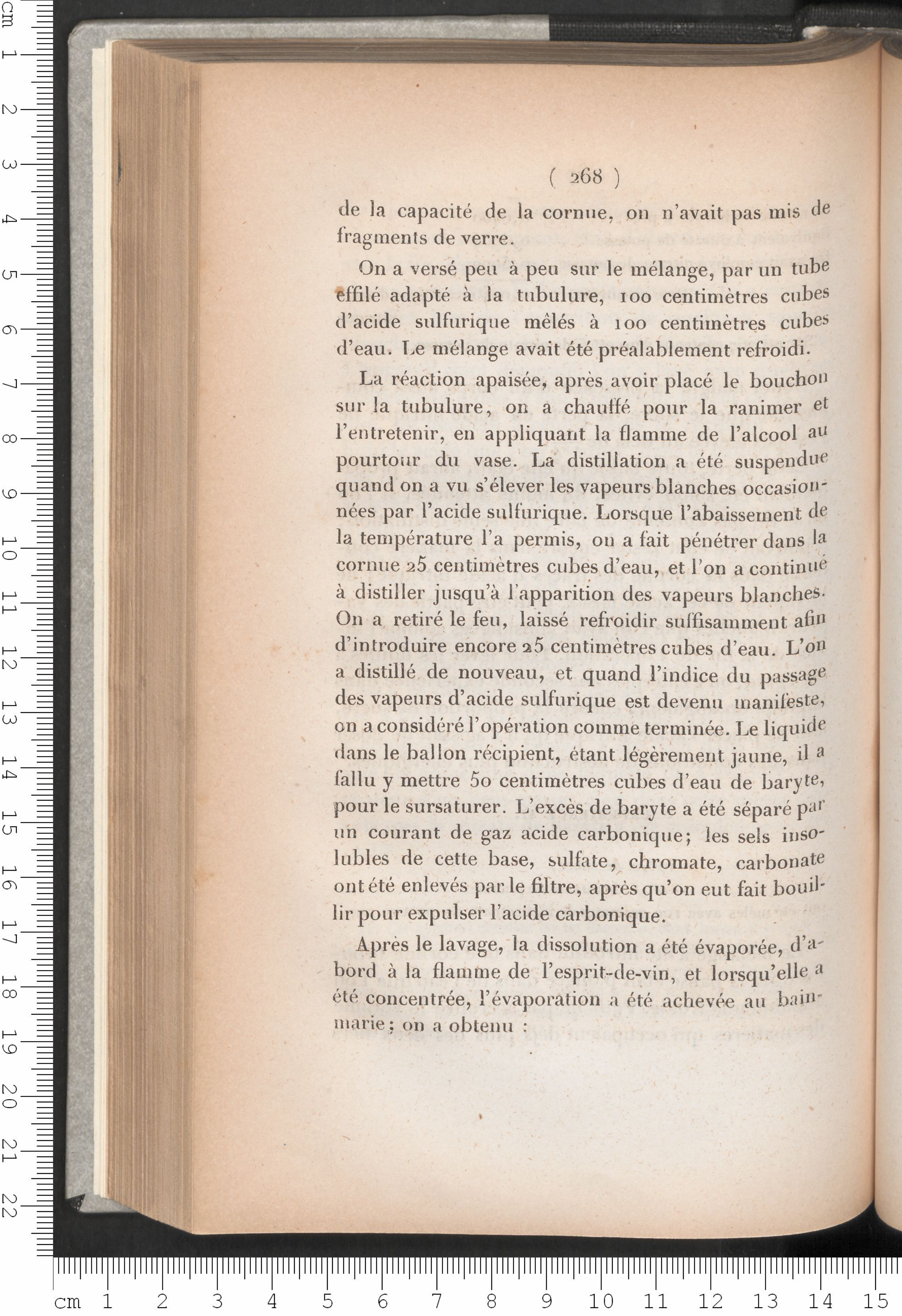
Donc, malgré la présence d'un corps aussi combustible que le sucre, la perte en acide nitrique ne s'est pas élevée au delà de $\frac{1}{134}$.

Cette perte, toute faible qu'elle était, aurait probablement été sinon évitée, du moins atténuée, si l'on ne se fût pas contenté de faire une seule distillation; il pouvait en effet rester encore dans la matière contenue dans la cornue des traces d'acide nitrique; de la vapeur de cet acide faisait peut-être partie des vapeurs blanches que l'on avait considérées comme l'indice de la fin de l'opération. Pour lever les doutes à cet égard, on a entrepris une seconde expérience dans laquelle on augmenta encore la proportion de sucre, afin de placer l'acide nitrique qu'il s'agissait de doser dans des conditions de destruction plus énergiques.

EXPÉRIENCE II.

10gr,0 de sucre,
0gr,1 de nitrate de potasse,
ont été mêlés avec 100 grammes de bichromate de potasse pur.

Le mélange a été introduit dans une cornue tubulée dont la panse était plongée dans de l'eau que l'on a maintenue froide. Pour ne pas accroître le volume des matières qui occupaient déjà plus des deux tiers



de la capacité de la cornue, on n'avait pas mis de fragments de verre.

On a versé peu à peu sur le mélange, par un tube effilé adapté à la tubulure, 100 centimètres cubes d'acide sulfurique mêlés à 100 centimètres cubes d'eau. Le mélange avait été préalablement refroidi.

La réaction apaisée, après avoir placé le bouchon sur la tubulure, on a chauffé pour la ranimer et l'entretenir, en appliquant la flamme de l'alcool au pourtour du vase. La distillation a été suspendue quand on a vu s'élever les vapeurs blanches occasionnées par l'acide sulfurique. Lorsque l'abaissement de la température l'a permis, on a fait pénétrer dans la cornue 25 centimètres cubes d'eau, et l'on a continué à distiller jusqu'à l'apparition des vapeurs blanches. On a retiré le feu, laissé refroidir suffisamment afin d'introduire encore 25 centimètres cubes d'eau. L'on a distillé de nouveau, et quand l'indice du passage des vapeurs d'acide sulfurique est devenu manifeste, on a considéré l'opération comme terminée. Le liquide dans le ballon récipient, étant légèrement jaune, il a fallu y mettre 50 centimètres cubes d'eau de baryte, pour le sursaturer. L'excès de baryte a été séparé par un courant de gaz acide carbonique; les sels insolubles de cette base, sulfate, chromate, carbonate ont été enlevés par le filtre, après qu'on eut fait bouillir pour expulser l'acide carbonique.

Après le lavage, la dissolution a été évaporée, d'abord à la flamme de l'esprit-de-vin, et lorsqu'elle a été concentrée, l'évaporation a été achevée au bain-marie; on a obtenu :

Nitrate de baryte $0^{gr},131$ renfermant : acide nitrique...	0,0541
$0^{gr},1$ du nitrate de potasse contenait : acide nitrique...	0,0534
Différence...	0,0007

On a par conséquent dosé $\frac{7}{10}$ de milligramme d'acide de plus qu'il ne s'en trouvait dans le nitrate de potasse mêlé à 100 fois son poids de sucre. L'intervention de l'oxygène naissant, la précaution d'arrêter la distillation lors de l'apparition des premières vapeurs d'acide sulfurique, l'addition de l'eau vers la fin de l'opération pour empêcher que l'acide nitrique ne soit en contact avec de l'acide sulfurique trop concentré, ont évidemment préservé l'acide nitrique de la destruction.

Le procédé que je viens de décrire me paraît devoir être utilement appliqué dans bien des circonstances, lorsque l'on aura à doser dans certaines matières organiques quelques centigrammes de nitrates. Pour moins de 1 centigramme d'acide nitrique, les manipulations à exécuter pour obtenir le nitrate de baryte pourraient donner lieu à des pertes relativement trop élevées; on n'atteindrait pas le but que je m'étais proposé, le dosage des traces d'acide nitrique renfermées dans les eaux. J'avais d'abord conçu l'espérance de doser l'acide nitrique passé dans le récipient par une liqueur alcaline titrée, mais l'impossibilité d'obtenir un liquide exempt d'acide sulfurique a empêché de la voir réaliser. On essaya de substituer à l'acide sulfurique, réagissant sur le bichromate, de l'acide phosphorique qui, en raison de sa fixité, ne devait pas passer pendant la distillation. L'acide phosphorique attaque bien le bichromate, mais soit que la vapeur aqueuse l'entraîne ou qu'il passe simplement

par projection, toujours est-il qu'on en retrouva constamment dans le récipient, de sorte que l'emploi de cet acide ne fut pas plus avantageux que celui de l'acide sulfurique.

Lorsque, après bien des essais, l'on fut convaincu que l'on ne parviendrait pas à isoler l'acide nitrique, et que l'acide sulfurique qui l'accompagnait s'opposerait au dosage direct, par la saturation d'une liqueur alcaline titrée, on chercha à le doser, dans le produit distillé, par la teinture d'indigo. La présence de faibles quantités d'acide sulfurique ne devait pas être un empêchement, mais il fallait de toute nécessité éliminer le bichromate ou l'acide chromique entraîné. Le moyen qui se présenta pour opérer cette élimination fut l'addition à la liqueur distillée de quelques gouttes de sous-acétate de plomb, afin de former des composés insolubles, tant avec l'acide chromique qu'avec l'acide sulfurique; mais comme, en opérant ainsi, la liqueur ne pouvait manquer de tenir du sous-acétate de plomb, puisqu'on était obligé d'en mettre un léger excès, on a commencé par s'assurer que la présence de ce sel métallique ne nuirait pas à la précision du dosage par l'indigo. On a essayé de doser, par cette méthode, des mélanges de sucre et de potasse, en agissant sur de petites quantités.

EXPÉRIENCE I.

Dosage de l'acide nitrique du nitrate de potasse mêlé à 10 fois son poids de glucose. — On a introduit dans une petite cornue tubulée, dont la tubulure fermait par un bouchon usé à l'émeri (*fig.* 8), 1 gramme

de bichromate de potasse pur et en poudre, auquel on avait mêlé $0^{gr},1$ de glucose. Sur le mélange on a versé 1 centimètre cube d'eau tenant $0^{gr},01$ de nitrate de potasse. Le liquide étant imbibé, on a rempli la panse de la cornue de fragments de verre, jusqu'à un peu au-dessous de la courbure du col, puis on a laissé couler sur les morceaux de verre $1^{cc},1$ d'acide sulfurique pur, dilué dans 2 centimètres cubes d'eau distillée; le mélange était refroidi quand on l'a mis dans la cornue que l'on a immédiatement fermée; on a placé, pour récipient, un tube gradué en dixièmes de centimètre cube, assez largement pour que l'on pût estimer des centièmes de centimètre cube (*fig.* 8); le tube a été couvert d'un papier mouillé. Vu le peu de masse des matières, la réaction a été assez calme pour que l'on n'ait pas eu besoin de plonger dans l'eau la panse de la cornue. Quand la température du mélange a baissé, on a chauffé suivant la prescription, et l'on a interrompu la distillation à la première apparition des vapeurs d'acide sulfurique. On a mis 2 centimètres cubes d'eau dans la cornue aussitôt qu'elle a été suffisamment refroidie; on a distillé, interrompu une seconde fois la distillation, pour ajouter encore 3 centimètres cubes d'eau, puis on a chauffé de nouveau jusqu'à l'indice de l'acide sulfurique. Ces deux additions successives d'eau ont eu pour objet d'entraîner l'acide nitrique qui n'aurait pas passé dans la première opération et pour que la distillation n'eût pas lieu avec un liquide trop peu aqueux.

Le liquide distillé était à peine coloré en jaune; il n'y avait eu que fort peu de chromate entraîné. Il

occupait dans le tube gradué, après qu'on y eut laissé tomber 4 à 5 gouttes (1) d'une dissolution de sous-acétate de plomb *exempt de nitrate*, un volume de $7^{cc},84$. Jeté sur un petit filtre disposé sur un verre à pied, et aussitôt recouvert d'une petite cloche pour prévenir l'évaporation, le liquide fut séparé du précipité (sulfate et chromate de plomb) qui s'y était formé (*fig*. 9).

On a pris avec un tube gradué effilé $5^{cc},50$ de la liqueur filtrée pour y doser l'acide nitrique au moyen de la teinture d'indigo.

$21^{div},4$ de cette teinture étaient détruits par $0^{gr},01$ de nitrate de potasse.

Les $5^{cc},50$ de liqueur filtrée ont amené au vert de chrome persistant :

	$15^{div},2$	de teinture.
Correction pour la teinte . .	0,3	
Teinture décolorée	14,9	

$21^{div},4 : 0^{gr},01 :: 14,9 : x = 0^{gr},00696$ de nitrate de potasse contenus dans les $5^{cc},50$ du liquide filtré.

Les $7^{cc},84$ devaient donc contenir $0^{gr},0099$ de nitrate, exactement ce que l'on avait mêlé à $0^{gr},1$ de glucose.

Examinons maintenant l'erreur probable que l'on a pu commettre.

La teinture occupant une division de la burette exigeait, pour être détruite, $0^{gr},00047$ de nitrate de potasse. Dans la réaction, l'on pouvait répondre de la destruction d'un tiers de division; mais, pour ne rien

(1) Les gouttes ont toujours été ajoutées au moyen d'un tube effilé.

exagérer, admettons que l'on ne répondait que d'une demi-division $= 0^{gr},00023$. La totalité de l'acide nitrique représentant du nitrate, après la distillation, les lavages, la concentration se trouvait dissous dans $7^{cc},84$ de liquide. On a dosé sur $5^{cc},5$ de ce liquide, c'est-à-dire qu'il faut multiplier $0^{gr},00696$ par 1,42 pour connaître le nitrate de potasse correspondant aux $7^{cc},84$ de liquide distillé ; l'erreur possible $0^{gr},00023$ est donc aussi multipliée par ce nombre 1,42 : on peut donc avoir dosé, soit en plus, soit en moins, $0^{gr},00033$ de nitrate de potasse.

EXPÉRIENCE II.

Dosage de l'acide nitrique du nitrate de potasse mêlé à 50 fois son poids de glucose. — Les dispositions ont été les mêmes que dans l'expérience précédente. On a employé :

Bichromate de potasse pur	1 gramme.
Acide sulfurique.	$1^{cc},1$ étendu de 1 cent. cube d'eau.
Glucose.	$0^{gr},100$
Nitrate de potasse.	$0^{gr},002$ dissous dans 2 centimètres d'eau.

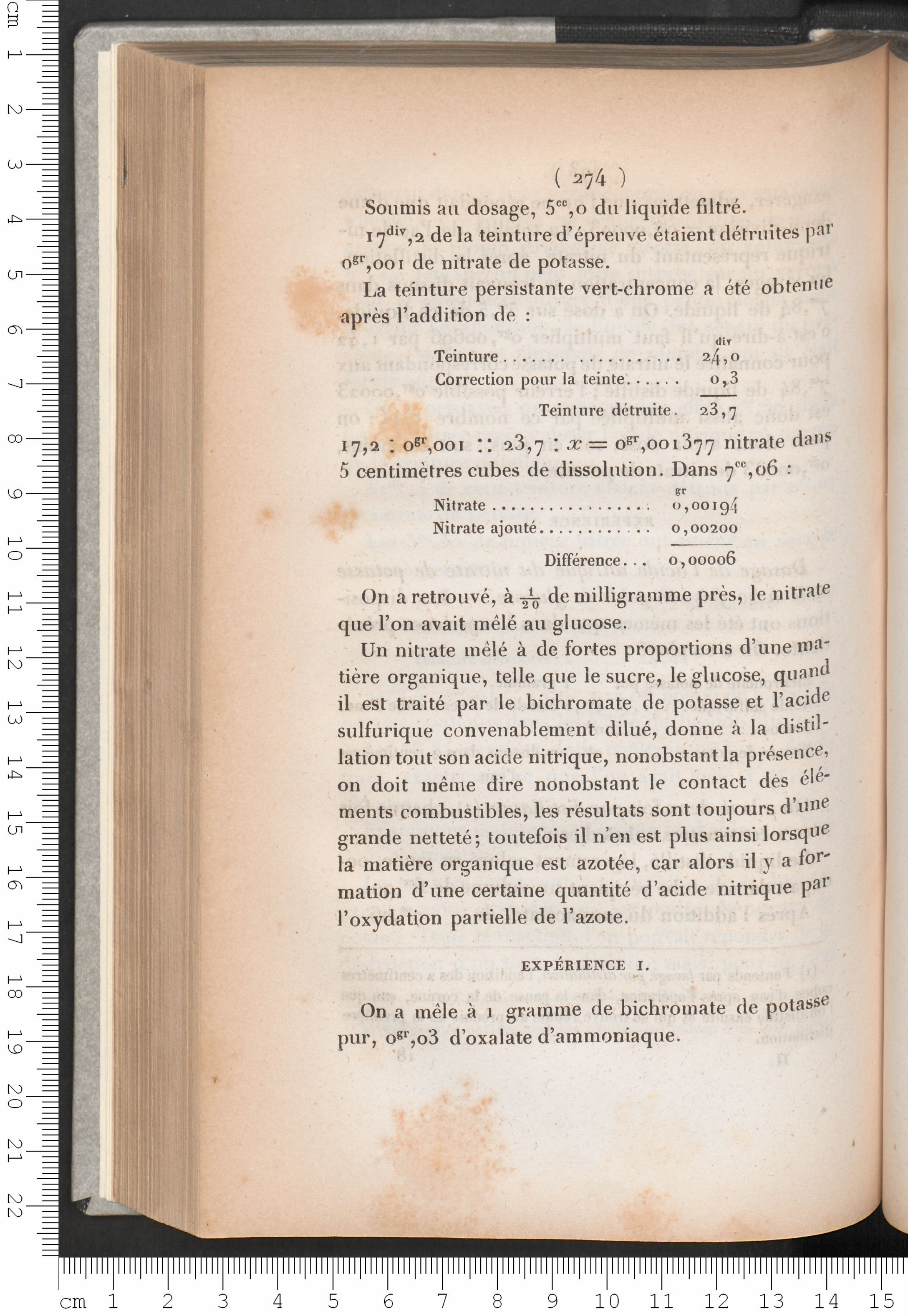
On a lavé deux fois *par distillation* (1), chaque fois avec 2 centimètres cubes d'eau.

Le liquide distillé, légèrement coloré en jaune, occupait dans le tube récipient un volume de $6^{cc},90$.

Après l'addition du sous-acétate, de $7^{cc},06$.

---

(1) J'entends par *lavage par distillation*, l'addition des 2 centimètres cubes d'eau après l'opération, dans la panse de la cornue, eau que l'on distille ensuite et qui se trouve réunie au produit de la première distillation.



Soumis au dosage, $5^{cc},0$ du liquide filtré.

$17^{div},2$ de la teinture d'épreuve étaient détruites par $0^{gr},001$ de nitrate de potasse.

La teinture persistante vert-chrome a été obtenue après l'addition de :

	div
Teinture	24,0
Correction pour la teinte	0,3
Teinture détruite	23,7

$17,2 : 0^{gr},001 :: 23,7 : x = 0^{gr},001377$ nitrate dans 5 centimètres cubes de dissolution. Dans $7^{cc},06$:

	gr
Nitrate	0,00194
Nitrate ajouté	0,00200
Différence	0,00006

On a retrouvé, à $\frac{1}{20}$ de milligramme près, le nitrate que l'on avait mêlé au glucose.

Un nitrate mêlé à de fortes proportions d'une matière organique, telle que le sucre, le glucose, quand il est traité par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique convenablement dilué, donne à la distillation tout son acide nitrique, nonobstant la présence, on doit même dire nonobstant le contact des éléments combustibles, les résultats sont toujours d'une grande netteté; toutefois il n'en est plus ainsi lorsque la matière organique est azotée, car alors il y a formation d'une certaine quantité d'acide nitrique par l'oxydation partielle de l'azote.

EXPÉRIENCE I.

On a mêle à 1 gramme de bichromate de potasse pur, $0^{gr},03$ d'oxalate d'ammoniaque.

La réaction a été déterminée par l'addition de $1^{cc},1$ d'acide sulfurique étendu de 2 centimètres cubes d'eau.

On a lavé, par distillation, avec 2 centimètres cubes d'eau.

Le liquide obtenu dans le tube-récipient, après l'addition de deux ou trois gouttes de sous-acétate de plomb, avait un volume de $4^{cc},80$.

On a dosé l'acide nitrique sur $2^{cc},75$.

Le titre de la teinture d'indigo était :

$21^{div},4 = 0,0534$ d'acide nitrique (1 centigramme de nitrate de potasse).

Teinture.............	$\overset{div}{8,5}$
Correction pour la teinte..	0,4
Teinture détruite...	$8,1$ = acide nitrique $0^{millig},201$

Pour les $4^{cc},80$ de liquide distillé :

$$\frac{0,201 \times 4,8}{2,75} = 0^{gr},00351 \text{ d'acide nitrique.}$$

Une partie de l'azote de l'oxalate a donc donné lieu à une production d'acide nitrique.

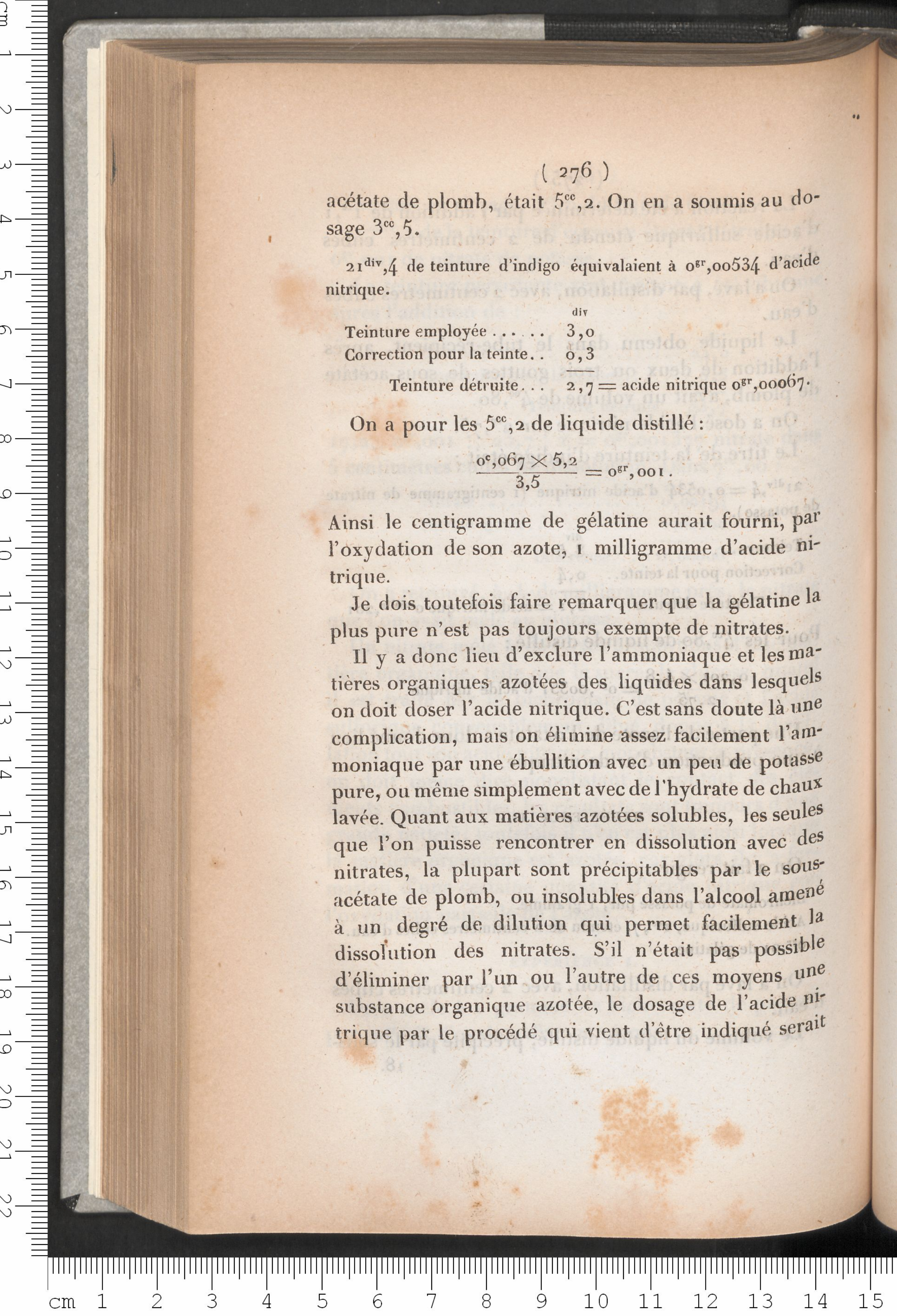
EXPÉRIENCE II.

On a fait réagir :

Bichromate de potasse pur, 1 gramme.
Acide sulfurique, $1^{cc},7$, étendu de 2 centimètres cubes d'eau.
$0^{gr},01$ de gélatine.

On a lavé par distillation, avec 2 centimètres cubes d'eau.

Le volume du liquide distillé, précipité par le sous-



acétate de plomb, était $5^{cc},2$. On en a soumis au dosage $3^{cc},5$.

$21^{div},4$ de teinture d'indigo équivalaient à $0^{gr},00534$ d'acide nitrique.

	div
Teinture employée	3,0
Correction pour la teinte. .	0,3
Teinture détruite. . .	2,7 = acide nitrique $0^{gr},00067$.

On a pour les $5^{cc},2$ de liquide distillé :

$$\frac{0^{c},067 \times 5,2}{3,5} = 0^{gr},001.$$

Ainsi le centigramme de gélatine aurait fourni, par l'oxydation de son azote, 1 milligramme d'acide nitrique.

Je dois toutefois faire remarquer que la gélatine la plus pure n'est pas toujours exempte de nitrates.

Il y a donc lieu d'exclure l'ammoniaque et les matières organiques azotées des liquides dans lesquels on doit doser l'acide nitrique. C'est sans doute là une complication, mais on élimine assez facilement l'ammoniaque par une ébullition avec un peu de potasse pure, ou même simplement avec de l'hydrate de chaux lavée. Quant aux matières azotées solubles, les seules que l'on puisse rencontrer en dissolution avec des nitrates, la plupart sont précipitables par le sous-acétate de plomb, ou insolubles dans l'alcool amené à un degré de dilution qui permet facilement la dissolution des nitrates. S'il n'était pas possible d'éliminer par l'un ou l'autre de ces moyens une substance organique azotée, le dosage de l'acide nitrique par le procédé qui vient d'être indiqué serait

impossible, puisqu'une partie de l'azote de la substance pourrait être acidifiée.

Substitution de peroxyde de manganèse au bichromate de potasse, pour déceler et doser de faibles quantités de nitrates. — Pour brûler la matière organique en contact avec un nitrate sans que l'oxygène de l'acide nitrique intervînt comme comburant, j'ai cherché un agent d'oxydation dont la présence dans le liquide distillé n'eût pas sur le dosage par l'indigo l'action destructive de l'acide chromique et qui dispensât par conséquent du traitement de ce liquide par le sous-acétate de plomb, avant de faire agir la teinture bleue. Après de nombreux essais faits avec le concours de corps éminemment oxydants, tels que le permanganate de potasse, etc., j'ai substitué le peroxyde de manganèse au bichromate de potasse. L'oxygène naissant dégagé par l'action de l'acide sulfurique sur le peroxyde brûle facilement, sans le concours des nitrates, de faibles quantités de matières organiques mêlées à ces sels, et par la distillation on fait passer la totalité de l'acide nitrique dans un tube servant de récipient où on peut le doser directement par la teinture d'indigo. Cette méthode est surtout très-convenable pour doser l'acide des nitrates dans la terre végétale, dans les eaux météoriques, dans l'eau des fleuves, des sources, où il ne se rencontre généralement que peu de substances organiques, assez toutefois pour empêcher le dosage direct par l'indigo. Ce dosage est devenu par là extrêmement précis, et, dans toutes les expériences synthétiques, on a toujours retrouvé dans le produit de la distilla-

tion effectuée avec le concours du peroxyde et de l'acide sulfurique, les proportions d'acide nitrique même les plus minimes que l'on avait ajoutées à de l'eau pluviale. Voici quelques-uns des résultats obtenus, en se plaçant dans des conditions analogues à celles où l'on se trouve quand on opère sur un litre d'eau de pluie :

	millig.	millig.
Ajouté à de l'eau distillée, acide nitrique	0,20	Différ. + 0,01
Trouvé par le dosage...............	0,21	
Eau de pluie contenant, acide nitrique..	0,18	
Ajouté acide......................	0,10	
	0,28	Différ. + 0,01
Trouvé par le dosage.............	0,29	
A de l'eau de pluie contenant, ac. nitrique	0,07	
Ajouté acide..........	0,07	
	0,14	Différ. — 0,03
Trouvé par le dosage......	0,11	
Dans 1 lit. d'eau de pluie, trouvé acide nitrique......................	0,68	Différ. + 0,05
Par un deuxième dosage, trouvé.....	0,73	
Ajouté à 1 lit. d'eau distillée, ac. nitrique	0,20	Différ. — 0,02
Trouvé.........................	0,18	
Dans 1 litre d'eau de pluie, dosé acide nitrique......................	0,41	Différ. — 0,02
Par un deuxième dosage, trouvé.....	0,39	

Le peroxyde de manganèse, comme le bichromate de potasse, quand il est traité par l'acide sulfurique, dégage de l'oxygène naissant qui empêche la décomposition de l'acide nitrique lorsque l'on décompose un nitrate pour préparer cet acide. L'on sait que pendant cette décomposition, il y a, au commencement de

l'opération, d'abondantes vapeurs rutilantes dues à l'action de l'acide sulfurique, alors en grand excès par rapport à l'acide nitrique libéré; il y a dégagement d'oxygène et production d'acide hypoazotique,

$$SO^3, HO + AzO^5 HO = SO^3, 2HO + O + AzO^4.$$

Les vapeurs rutilantes cessent bientôt, puis elles reparaissent vers la fin, lorsque l'acide sulfurique se concentre, redevient prédominant en même temps que la température augmente. La perte en acide nitrique est très-notable. Rien de semblable n'arrive lorsqu'on mêle au nitrate, dans la cornue, du peroxyde de manganèse ou du bichromate de potasse.

I. On a distillé :

6 grammes de nitrate de potasse,
4 d'acide sulfurique monohydraté.

Il s'est manifesté de l'acide hypoazotique en grande abondance. La cornue, le ballon récipient étaient remplis de vapeurs rutilantes.

II. On a distillé :

Nitrate de potasse.......	6	grammes.
Peroxyde de manganèse..	5	
Acide sulfurique........	11	
Eau....................	3	

Il n'y a pas eu apparition de vapeur d'acide hypoazotique au commencement de la distillation. L'acide nitrique obtenu était incolore; sur la fin de l'opération on a vu quelques vapeurs nitreuses.

III. On a distillé :

Nitrate de potasse........	6	grammes.
Bichromate de potasse....	5	
Acide sulfurique..........	8	
Eau.....................	3	

Le résultat a été entièrement comparable à celui obtenu avec le peroxyde de manganèse. Si, au lieu de pousser la distillation sans interruption, l'on l'eût suspendue vers la fin, pour ajouter dans la cornue 2 ou 3 grammes d'eau, on aurait certainement empêché l'apparition des traces de vapeurs rutilantes que l'on a remarquées dans la dernière période de l'opération.

L'emploi du peroxyde de manganèse dans la recherche et le dosage de faibles quantités d'acide nitrique exige quelques précautions. Il est indispensable de purifier cet oxyde, qui n'est que bien rarement exempt de nitrates (1). C'est à la présence de ces nitrates, et aussi aux matières organiques que l'on doit attribuer les produits nitreux que renferme très-souvent l'oxygène extrait par la calcination du peroxyde, et particulièrement l'eau acidulée d'acide nitrique que l'on voit apparaître au commencement.

Dosage de l'acide nitrique dans le peroxyde de manganèse du commerce. — Le peroxyde était en poudre très-fine, obtenue probablement par le bocardage et le lavage.

30 grammes ont été mis en digestion avec 20 centimètres cubes d'eau distillée. Vingt-quatre heures après, l'on a jeté sur un filtre, et le dosage a eu lieu sur 5 centimètres cubes du liquide filtré parfaitement incolore. 16 divisions de la teinture d'indigo étaient détruites par $0^{\text{millig}},534$ d'acide nitrique ($1^{\text{millig}},0$ de nitrate de potasse).

---

(1) Particulièrement l'oxyde de manganèse pulvérisé. Il faut prendre du manganèse de Giessen, en morceaux.

4^{div},8 de cette teinture ont été détruites.

16 : 0,534 :: 4,8 : x = 0^{millig},16 d'acide nitrique dans le $\frac{1}{4}$ du manganèse. Dans les 30 grammes, 0^{millig},64 pour; 100 grammes, 2^{millig},133.

Ainsi, 1 kilogramme de ce manganèse contenait 0^{gr},0213 d'acide nitrique, représentant 0^{gr},04 de nitrate de potasse.

Il est d'ailleurs impossible qu'un produit de l'industrie qui a été imbibé d'eau, et ensuite séché, ne renferme pas de nitrates, puisque toutes les eaux, même les eaux pluviales, en contiennent. L'eau d'imbibition, en s'évaporant, laisse naturellement dans la substance qu'elle mouillait les sels qu'elle tenait en dissolution, et parmi eux les nitrates. C'est ainsi que l'on a trouvé, en acide nitrique, dans 1 kilogramme de

Papier à filtrer, l'équivalent de	0^{gr},007 de nitrate de potasse.
Gélatine..................	0,187
Noir d'os neuf............	0,004 à 0^{gr},048

Il est des oxydes de manganèse dans lesquels il y a beaucoup plus de nitrates. Il y a donc nécessité de le purifier d'abord par des lavages abondants.

Le manganèse ainsi purifié et sec est conservé dans un flacon. Il est assez rare que l'on obtienne un produit qui ne donne pas une trace d'acide nitrique quand on le traite par l'acide sulfurique, même très-pur. Ce qu'il y a de mieux à faire, c'est d'exécuter une expérience à blanc avec les mêmes quantités de manganèse et d'acide sulfurique que celles que l'on doit employer dans les dosages: l'acide que l'on dose dans le liquide distillé indique la correction constante que l'on doit appliquer aux résultats. Quand l'acide

et l'oxyde de manganèse ont été purifiés avec soin, cette correction ne dépasse pas 2 centièmes de milligramme pour l'acide nitrique à retrancher, et comme on prépare à la fois une assez forte quantité des deux réactifs, sa valeur est fixée pour un très-grand nombre de dosages.

L'expérience que je vais rapporter montre l'influence que le bioxyde de manganèse, ou plutôt l'oxygène qui s'en dégage par l'action de l'acide sulfurique, a sur la précision du dosage de l'acide nitrique dans l'eau de pluie.

1. 3 centimètres cubes d'eau concentrée par l'évaporation ont été mis dans une petite cornue avec quelques gouttes d'acide sulfurique pur. On a distillé, lavé deux fois par distillation, et dans le liquide passé dans le tube-récipient on a dosé l'acide nitrique par l'indigo.

$13^{div},5$ de teinture étaient détruites par $0^{millig},2$ de nitrate de potasse.

	div	
Avant la réaction on lisait sur la burette	17,7	de teinture.
Après la réaction	21,0 (1)	
Teinture amenée au vert-chrome.	3,3	
Correction pour la teinte.	0,3	
Teinture décolorée. . .	3,0	

$13^{div},5 : 0^{millig},2 :: 3 : x = 0^{millig},044$ de nitrate de potasse dans les 3 centimètres cubes d'eau de pluie concentrée.

(1) La graduation de la burette de Gay-Lussac commence par la partie supérieure.

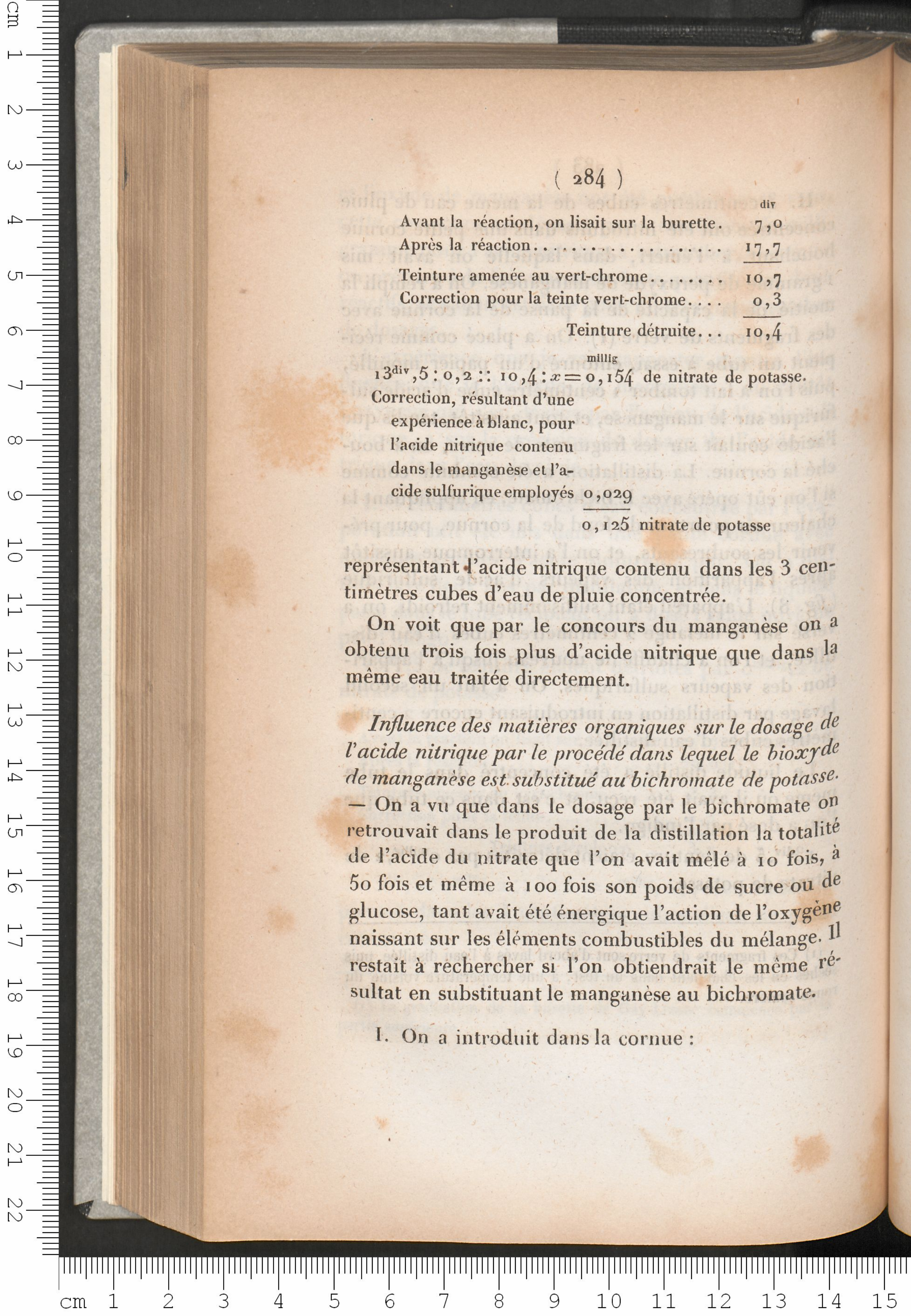
II. 3 centimètres cubes de la même eau de pluie concentrée ont été introduits dans une petite cornue bouchant à l'émeri, dans laquelle on avait mis 1 gramme de peroxyde de manganèse. On a rempli la moitié de la capacité de la panse de la cornue avec des fragments de verre (1). On a placé comme récipient un tube à essai, entouré d'un papier mouillé, puis l'on a fait tomber 1 centimètre cube d'acide sulfurique sur le manganèse, et tout aussitôt, tandis que l'acide coulait sur les fragments de verre, on a bouché la cornue. La distillation a été conduite comme si l'on eût opéré avec le bichromate, en appliquant la chaleur au pourtour du fond de la cornue, pour prévenir les soubresauts, et on l'a interrompue aussitôt après l'apparition des vapeurs d'acide sulfurique (*fig.* 8). L'appareil étant suffisamment refroidi, on a versé sur le mélange 2 centimètres cubes d'eau distillée, et l'on a chauffé de nouveau jusqu'à l'apparition des vapeurs sulfuriques. On a fait un second lavage par distillation en introduisant encore 2 centimètres cubes d'eau distillée.

Le liquide distillé a été concentré dans le tube même où il avait été reçu, et c'est dans ce tube que l'on a dosé par l'indigo.

$13^{div},5$ de teinture étaient détruites par $0^{millig},2$ de nitrate de potasse.

---

(1) Ces fragments de verre sont d'abord lavés à l'eau distillée, puis séchés en les chauffant dans un test, à une température voisine du rouge sombre.



	div
Avant la réaction, on lisait sur la burette.	7,0
Après la réaction....................	17,7
Teinture amenée au vert-chrome.........	10,7
Correction pour la teinte vert-chrome....	0,3
Teinture détruite...	10,4

$13^{div},5 : 0,2 :: 10,4 : x = 0,154$ millig de nitrate de potasse.

Correction, résultant d'une expérience à blanc, pour l'acide nitrique contenu dans le manganèse et l'acide sulfurique employés	0,029
	0,125 nitrate de potasse

représentant l'acide nitrique contenu dans les 3 centimètres cubes d'eau de pluie concentrée.

On voit que par le concours du manganèse on a obtenu trois fois plus d'acide nitrique que dans la même eau traitée directement.

Influence des matières organiques sur le dosage de l'acide nitrique par le procédé dans lequel le bioxyde de manganèse est substitué au bichromate de potasse. — On a vu que dans le dosage par le bichromate on retrouvait dans le produit de la distillation la totalité de l'acide du nitrate que l'on avait mêlé à 10 fois, à 50 fois et même à 100 fois son poids de sucre ou de glucose, tant avait été énergique l'action de l'oxygène naissant sur les éléments combustibles du mélange. Il restait à rechercher si l'on obtiendrait le même résultat en substituant le manganèse au bichromate.

I. On a introduit dans la cornue :

Manganèse..........	gr 1,000	
Nitrate de potasse...	0,001	dissous dans 1 cent. cube d'eau.
Sucre............	0,010	
Acide sulfurique....		1 centim. cube étendu de 1 cent. cube d'eau.

Après le lavage par distillation, le liquide a été concentré et l'acide nitrique dosé dans le tube-récipient.

$15^{div},2$ de la teinture employée étaient détruites par 1 milligramme de nitrate.

Le manganèse et l'acide sulfurique fournissaient une quantité d'acide nitrique équivalente à $0^{millig},03$ de nitrate de potasse.

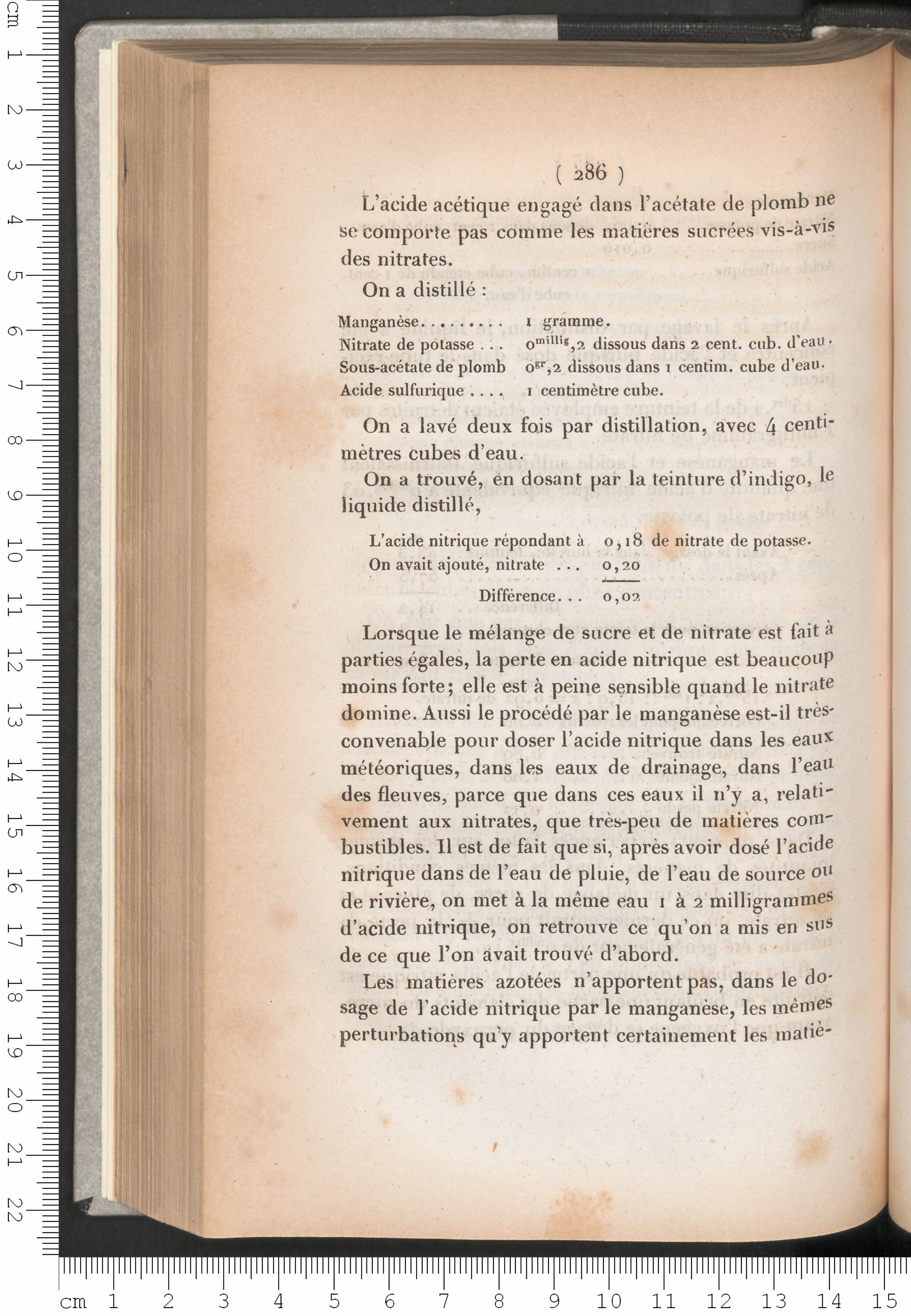
	div
Avant le dosage, dans la burette, teinture.	43,3
Après..........................	57,5
Différence...	14,2
Correction pour la teinte vert-chrome....	0,3
Teinture détruite...	13,9

$15^{div},2 : 1^{mil} :: 13,9 : x = 0,92$ millig. de nitrate.

Correction pour les réactifs	0,03
Nitrate trouvé.........	0,89
Nitrate ajouté.........	1,00
Nitrate perdu..........	0,11

Dans plusieurs expériences faites sur les mêmes quantités de matières, dans les mêmes conditions, c'est-à-dire dans un mélange de sucre, de glucose et de nitrate, où ce dernier entrait pour $\frac{1}{10}$, la perte en nitrate a été généralement de $0^{millig},12$.

Il est probable qu'une partie de l'acide nitrique est détruite en brûlant une partie des éléments du sucre, avant que l'oxygène se dégage du peroxyde.



L'acide acétique engagé dans l'acétate de plomb ne se comporte pas comme les matières sucrées vis-à-vis des nitrates.

On a distillé :

Manganèse.........	1 gramme.
Nitrate de potasse ...	0^{millig},2 dissous dans 2 cent. cub. d'eau.
Sous-acétate de plomb	0^{gr},2 dissous dans 1 centim. cube d'eau.
Acide sulfurique	1 centimètre cube.

On a lavé deux fois par distillation, avec 4 centimètres cubes d'eau.

On a trouvé, en dosant par la teinture d'indigo, le liquide distillé,

L'acide nitrique répondant à	0,18	de nitrate de potasse.
On avait ajouté, nitrate ...	0,20	
Différence...	0,02	

Lorsque le mélange de sucre et de nitrate est fait à parties égales, la perte en acide nitrique est beaucoup moins forte; elle est à peine sensible quand le nitrate domine. Aussi le procédé par le manganèse est-il très-convenable pour doser l'acide nitrique dans les eaux météoriques, dans les eaux de drainage, dans l'eau des fleuves, parce que dans ces eaux il n'y a, relativement aux nitrates, que très-peu de matières combustibles. Il est de fait que si, après avoir dosé l'acide nitrique dans de l'eau de pluie, de l'eau de source ou de rivière, on met à la même eau 1 à 2 milligrammes d'acide nitrique, on retrouve ce qu'on a mis en sus de ce que l'on avait trouvé d'abord.

Les matières azotées n'apportent pas, dans le dosage de l'acide nitrique par le manganèse, les mêmes perturbations qu'y apportent certainement les matiè-

res analogues au sucre ou au glucose; leur azote ne semble pas non plus s'acidifier en partie, comme cela arrive avec le bichromate de potasse.

Ainsi, un corps très-azoté, la gélatine, ne donne pas sensiblement d'acide nitrique quand on la traite par l'oxyde de manganèse et l'acide sulfurique.

Dans une cornue où il y avait 1 gramme de manganèse, on a mis $0^{gr},2$ de gélatine dissoute dans 4 centimètres cubes d'eau;

1 centimètre cube d'acide sulfurique.

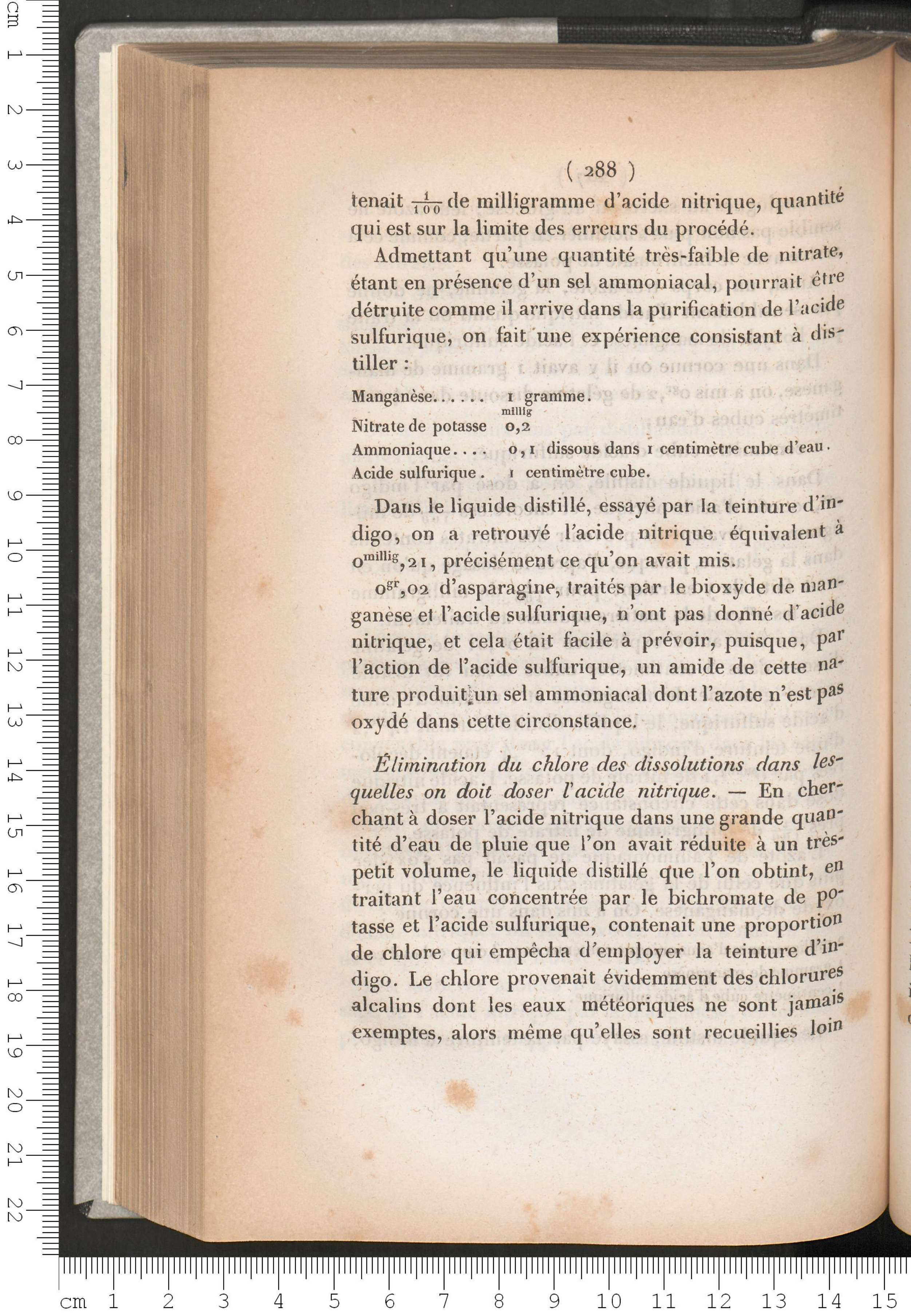
Dans le liquide distillé, on a dosé par l'indigo $0^{gr},000063$ d'acide nitrique, et encore ces $\frac{6}{100}$ de milligramme devaient-ils provenir des nitrates contenus dans la gélatine, puisque, d'après le dosage qu'on en avait fait, ils y entraient pour $\frac{4}{100}$ de milligramme dans les $0^{gr},2$ de la matière soumise au traitement.

Dans une autre expérience où $0^{gr},01$ de gélatine dissous dans 3 centimètres cubes d'eau fut distillé avec 1 gramme de manganèse et 1 centimètre cube d'acide sulfurique, le liquide distillé détruisit $14^{div},2$ d'une teinture d'indigo, dont $13^{div},4$ étaient décolorées par $0^{millig},1$ de nitrate de potasse. L'acide nitrique dosé dans cette circonstance représentait à très-peu près $\frac{1}{100}$ de milligramme de nitrate de potasse.

L'azote de l'ammoniaque ne paraît pas s'oxyder plus que celui de la gélatine sous l'influence du peroxyde de manganèse. On a mis dans une cornue :

2 milligrammes d'ammoniaque contenus dans 3 cent. cubes d'eau.
1 gramme de manganèse.
1 centimètre cube d'acide sulfurique.

Le liquide distillé, essayé par la teinture d'indigo,



tenait $\frac{1}{100}$ de milligramme d'acide nitrique, quantité qui est sur la limite des erreurs du procédé.

Admettant qu'une quantité très-faible de nitrate, étant en présence d'un sel ammoniacal, pourrait être détruite comme il arrive dans la purification de l'acide sulfurique, on fait une expérience consistant à distiller :

Manganèse......	1 gramme.
Nitrate de potasse	millig 0,2
Ammoniaque....	0,1 dissous dans 1 centimètre cube d'eau.
Acide sulfurique.	1 centimètre cube.

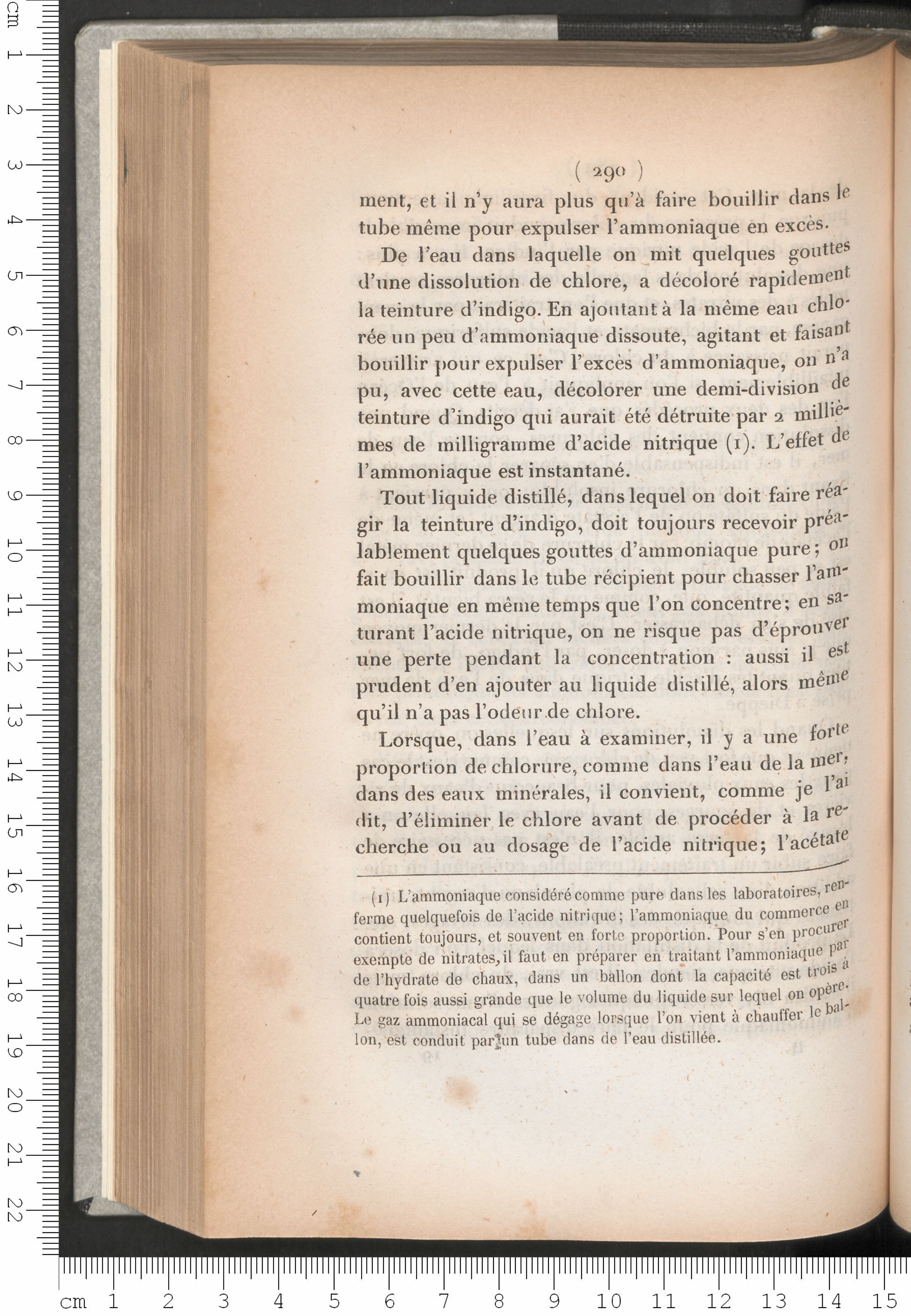
Dans le liquide distillé, essayé par la teinture d'indigo, on a retrouvé l'acide nitrique équivalent à $0^{millig},21$, précisément ce qu'on avait mis.

$0^{gr},02$ d'asparagine, traités par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique, n'ont pas donné d'acide nitrique, et cela était facile à prévoir, puisque, par l'action de l'acide sulfurique, un amide de cette nature produit un sel ammoniacal dont l'azote n'est pas oxydé dans cette circonstance.

Élimination du chlore des dissolutions dans lesquelles on doit doser l'acide nitrique. — En cherchant à doser l'acide nitrique dans une grande quantité d'eau de pluie que l'on avait réduite à un très-petit volume, le liquide distillé que l'on obtint, en traitant l'eau concentrée par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, contenait une proportion de chlore qui empêcha d'employer la teinture d'indigo. Le chlore provenait évidemment des chlorures alcalins dont les eaux météoriques ne sont jamais exemptes, alors même qu'elles sont recueillies loin

de la mer. Cet incident dut fixer mon attention, puisque la présence du chlore rendait impossible le dosage de l'acide nitrique par l'indigo. Il y a plus : une dissolution dans laquelle des chlorures seraient mêlés à des nitrates, et que l'on traiterait par le manganèse, par le bichromate et l'acide sulfurique, donnerait naissance à du chlore. C'est ce qui arriverait infailliblement, si l'on appliquait à l'eau de l'Océan l'un des deux procédés que j'ai décrits. Quand une dissolution contient des chlorures, comme l'eau de mer, il est indispensable d'en séparer le chlore en le fixant dans un chlorure insoluble; on y parvient à l'aide du sulfate ou de l'acétate d'argent, et même de l'acétate de plomb, car le chlorure de ce dernier métal est si peu soluble, le chlore qu'il produit est en si faible quantité, que, comme on le verra bientôt, il est aisé de s'en débarrasser. C'est par le dernier moyen que je suis parvenu à doser, par l'indigo, de fort petites quantités d'acide nitrique dans de l'eau de mer prise à Dieppe.

Quand les dissolutions sur lesquelles on opère ne tiennent que fort peu de chlorures, comme c'est le cas pour les eaux pluviales, pour beaucoup d'eaux de rivières et de sources, pour l'eau avec laquelle on a lessivé de la terre arable, il n'est pas nécessaire de faire subir un traitement préalable, consistant en une addition d'un sel soluble de plomb ou d'argent, traitement qui implique des filtrations, des lavages, etc. Le produit de la distillation dans lequel l'on dosera l'acide nitrique, tiendra, il est vrai, du chlore, mais il suffira d'y verser quelques gouttes d'une solution d'ammoniaque pour le faire disparaître instantané-



ment, et il n'y aura plus qu'à faire bouillir dans le tube même pour expulser l'ammoniaque en excès.

De l'eau dans laquelle on mit quelques gouttes d'une dissolution de chlore, a décoloré rapidement la teinture d'indigo. En ajoutant à la même eau chlorée un peu d'ammoniaque dissoute, agitant et faisant bouillir pour expulser l'excès d'ammoniaque, on n'a pu, avec cette eau, décolorer une demi-division de teinture d'indigo qui aurait été détruite par 2 millièmes de milligramme d'acide nitrique (1). L'effet de l'ammoniaque est instantané.

Tout liquide distillé, dans lequel on doit faire réagir la teinture d'indigo, doit toujours recevoir préalablement quelques gouttes d'ammoniaque pure; on fait bouillir dans le tube récipient pour chasser l'ammoniaque en même temps que l'on concentre; en saturant l'acide nitrique, on ne risque pas d'éprouver une perte pendant la concentration : aussi il est prudent d'en ajouter au liquide distillé, alors même qu'il n'a pas l'odeur de chlore.

Lorsque, dans l'eau à examiner, il y a une forte proportion de chlorure, comme dans l'eau de la mer, dans des eaux minérales, il convient, comme je l'ai dit, d'éliminer le chlore avant de procéder à la recherche ou au dosage de l'acide nitrique; l'acétate

---

(1) L'ammoniaque considéré comme pure dans les laboratoires, renferme quelquefois de l'acide nitrique; l'ammoniaque du commerce en contient toujours, et souvent en forte proportion. Pour s'en procurer exempte de nitrates, il faut en préparer en traitant l'ammoniaque par de l'hydrate de chaux, dans un ballon dont la capacité est trois à quatre fois aussi grande que le volume du liquide sur lequel on opère. Le gaz ammoniacal qui se dégage lorsque l'on vient à chauffer le ballon, est conduit par un tube dans de l'eau distillée.

d'argent, l'acétate de plomb, neutre ou basique, conviennent pour effectuer cette élimination. L'acétate d'argent est si peu soluble, qu'il doit être ajouté en poudre à l'eau de laquelle on veut enlever le chlore, et il est bon d'aider la double décomposition en chauffant légèrement.

Il est avantageux, on le conçoit, d'employer un agent à peu près insoluble, parce que le volume du liquide où a lieu la réaction ne change pas sensiblement. Une fois le chlorure d'argent déposé, et après s'être assuré qu'il n'y a plus de chlorure soluble, l'on prend, par décantation, un volume déterminé du liquide, on évapore, et une fraction du liquide concentré est introduite dans le petit appareil, soit avec du bichromate de potasse, soit avec du bioxyde de manganèse; dans les deux cas, l'acide sulfurique intervient pour produire l'oxygène naissant. Le liquide distillé est exempt de chlore, ce qui ne dispense pas de le saturer par l'ammoniaque avant de le concentrer dans le tube-récipient, où l'on fait ensuite réagir l'acide chlorhydrique et la teinture d'indigo pour doser l'acide nitrique.

L'acétate de plomb sépare, comme l'acétate d'argent, le chlore formant des chlorures alcalins, le sel de plomb peut être employé dissous, et en mesurant le volume de la dissolution ajoutée peu à peu, de manière à n'en mettre qu'un léger excès. On sait quel est le volume de cette eau après la précipitation du chlore, notion indispensable, puisque l'on doit en prendre seulement une partie pour le dosage que l'on a en vue. Le chlorure de plomb précipité n'est pas absolument insoluble comme le chlorure d'argent;

l'eau que l'on décante en contiendrait, si elle était pure, $\frac{1}{135}$ de son poids; ce chlorure, lorsque l'on arrive au traitement de l'eau concentrée par l'acide sulfurique et un oxydant, le bichromate ou le bioxyde de manganèse, donne lieu à du chlore, en faible quantité, il est vrai, vu le peu de solubilité du chlorure de plomb. Ce chlore est d'ailleurs annulé dans ses effets sur l'indigo par l'ammoniaque versée dans le liquide distillé tenant l'acide nitrique.

Influence des précipités formés dans les liquides, sur le dosage de l'acide nitrique. — On sait que lorsqu'on précipite l'acide sulfurique d'un sulfate alcalin par le nitrate de baryte, le sulfate de baryte formé entraîne et retient du nitrate. En précipitant par le sous-acétate de plomb une eau dans laquelle on aurait eu à doser l'acide nitrique, il pouvait arriver que le chlorure de plomb entraînât et retînt aussi des nitrates. D'ailleurs, si cette eau renfermait, outre des chlorures, des sulfates ou des carbonates alcalins, il y avait à craindre que le sulfate, le carbonate de plomb n'entraînassent aussi des nitrates. J'étais d'autant plus fondé à soupçonner l'influence fâcheuse des précipités abondants dans le dosage de l'acide nitrique, qu'elle s'était révélée de la manière la plus évidente dans des recherches que M. Barral exécutait dans mon laboratoire sur l'eau de la vallée du Nil. Cette eau, très-limpide, précipitait abondamment par le sous-acétate de plomb; le précipité était surtout formé de carbonate.

Dans l'eau préalablement traitée par le sous-acétate de plomb, on avait trouvé par litre :

		millig.
I.	Acide nitrique.	0,43
II.		0,43

Dans la même eau, que l'on n'avait pas traitée par le sous-acétate, on eut par litre :

		millig.
I.	Acide nitrique.	2,78
II.		2,72
III.		2,34

Le précipité, extrêmement abondant, consistant principalement en carbonate de plomb, avait donc entraîné près des $\frac{4}{5}$ de l'acide nitrique.

Les essais suivants montreront quelle est l'influence des précipités formés par des sels insolubles dans un liquide tenant de minimes proportions de nitrate de potasse.

I. On a incorporé à 200 centimètres cubes d'eau distillée $0^{gr},1$ de nitrate de potasse.

2 centimètres cubes de la dissolution, dans lesquels il entrait 1 milligramme de nitrate, ont décoloré $15^{div},5$ de teinture d'indigo.

II. Dans 194 centimètres d'eau, on a dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
1,0 de bichromate de potasse.

On a ajouté 6 centimètres cubes d'une solution de sous-acétate de plomb (1).

2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir à peu près 1 milligramme de nitrate, ont décoloré $16^{div},1$ de teinture d'indigo.

---

(1) La dissolution de sous-acétate contenait, par centimètre cube, $0^{gr},491$ d'oxyde de plomb.

Le sous-chromate de plomb précipité n'avait donc pas entraîné de nitrate.

III. Dans $195^{cc},5$ d'eau, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
$1,0$ de chromate de potasse.

Ajouté $5^{cc},5$ de la solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir à peu près 1 milligramme de nitrate, ont décoloré $15^{div},2$ de la teinture d'indigo.

Le chromate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

IV. Dans 190 centimètres cubes d'eau, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
$1,0$ de chlorure de sodium.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir environ 1 milligramme de nitrate de potasse, ont décoloré $15^{div},1$ de la teinture d'indigo.

Le chlorure de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

V. Dans 195 centimètres cubes d'eau, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
$1,0$ de sulfate de potasse.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir à très-peu près $0^{millig},98$ de nitrate, ont décoloré

$14^{div},8$ de teinture d'indigo, représentant $o^{millig},96$ de nitrate.

Le sulfate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VI. Dans 190 centimètres cubes d'eau, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
0,5 de bichromate de potasse,
0,5 d'acide sulfurique monohydraté.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir environ 1 milligramme de nitrate de potasse, ont décoloré $15^{div},2$ de la teinture d'indigo.

Le mélange de sulfate et de chromate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VII. Dans 195 centimètres cubes d'eau, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
1,136 d'acide tartrique.

Ajouté 7 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

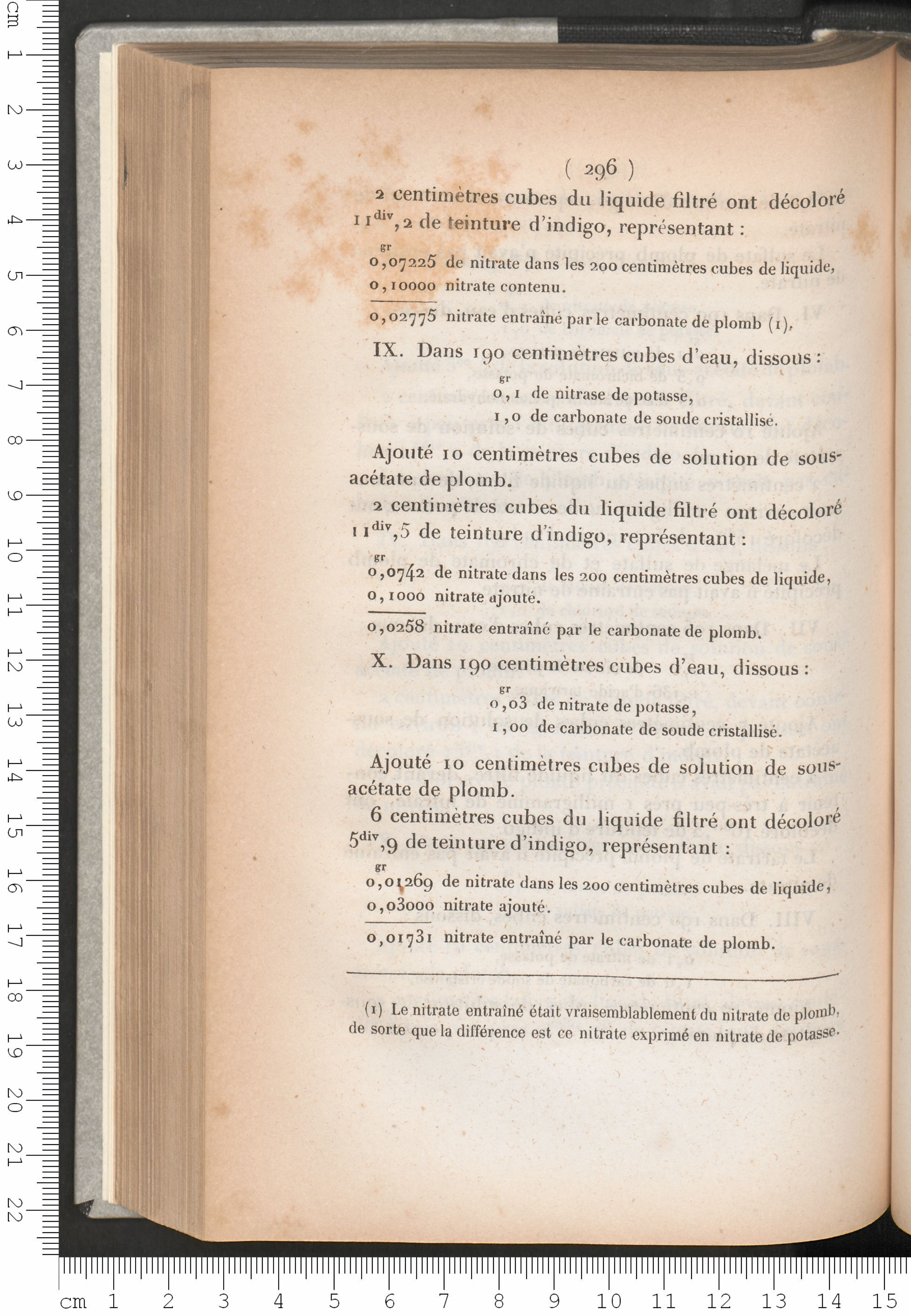
2 centimètres cubes du liquide filtré, devant contenir à très-peu près 1 milligramme de nitrate, ont décoloré $16^{div},2$ de teinture d'indigo.

Le tartrate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VIII. Dans 190 centimètres cubes, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse,
1,0 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.



2 centimètres cubes du liquide filtré ont décoloré 11^div,2 de teinture d'indigo, représentant :

0,07225 gr	de nitrate dans les 200 centimètres cubes de liquide,
0,10000	nitrate contenu.
0,02775	nitrate entraîné par le carbonate de plomb (1).

IX. Dans 190 centimètres cubes d'eau, dissous :

0,1 gr de nitrase de potasse,
1,0 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré ont décoloré 11^div,5 de teinture d'indigo, représentant :

0,0742 gr	de nitrate dans les 200 centimètres cubes de liquide,
0,1000	nitrate ajouté.
0,0258	nitrate entraîné par le carbonate de plomb.

X. Dans 190 centimètres cubes d'eau, dissous :

0,03 gr de nitrate de potasse,
1,00 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

6 centimètres cubes du liquide filtré ont décoloré 5^div,9 de teinture d'indigo, représentant :

0,01269 gr	de nitrate dans les 200 centimètres cubes de liquide,
0,03000	nitrate ajouté.
0,01731	nitrate entraîné par le carbonate de plomb.

(1) Le nitrate entraîné était vraisemblablement du nitrate de plomb, de sorte que la différence est ce nitrate exprimé en nitrate de potasse.

XI. Dans 195 centimètres cubes d'eau saturée de carbonate de chaux dissous à la faveur du gaz acide carbonique, dissous :

$0^{gr},1$ de nitrate de potasse.

Ajouté 7 centimètres cubes de solution de sous-acétate de plomb.

2 centimètres cubes du liquide filtré ont décoloré $13^{div},5$ de teinture d'indigo, représentant, dans 200 de liquide :

gr 0,087	de nitrate,
0,100	nitrate ajouté.
0,013	nitrate entraîné par le carbonate de plomb et le carbonate de chaux.

On voit que, des sels de plomb insolubles formés au sein d'un liquide tenant un nitrate alcalin, le carbonate a été le seul qui ait entraîné de l'acide nitrique; le chromate, le sulfate, le tartrate, le chlorure, en se précipitant, n'ont pas sensiblement diminué la proportion du nitrate contenu dans la dissolution. Il en résulte que lorsqu'on ajoute du sous-acétate de plomb à une eau dans laquelle l'on doit doser un nitrate, afin d'en éliminer le chlore ou la matière organique, il convient de détruire d'abord les carbonates qu'elle pourrait renfermer, en faisant réagir l'acide acétique, si les carbonates sont alcalins; en la faisant bouillir, si elle contient du carbonate de chaux dissous par du gaz acide carbonique, comme cela avait lieu pour l'eau de la vallée du Nil.

Dosage de l'acide nitrique dans les eaux météoriques. — Pour recueillir les eaux météoriques, j'ai fait usage d'un récipient circulaire en fer-blanc d'une sur-

face de 1 mètre carré (1), et percé au centre d'un trou terminé par une douille que l'on introduit dans le goulot d'un flacon gradué. Ce récipient, solidement établi sur trois pieds, est un entonnoir très-évasé, dont le bord relevé n'a pas plus de 2 centimètres en saillie (*Pl. III, fig.* 10).

Lorsque la surface du récipient est *mouillée*, une chute de pluie d'un millimètre d'épaisseur porte dans le flacon 1 million de millimètres cubes, ou 1 litre d'eau; de sorte qu'en recevant seulement dans le flacon, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ de litre d'eau, il devient possible, grâce à l'extrême sensibilité de la teinture d'indigo, de doser l'acide nitrique dans une pluie, même peu abondante, pendant ses diverses phases, depuis le commencement jusqu'à la fin.

Les vases pour recevoir la pluie sont en verre. Une ligne tracée sur le col avec un diamant est l'indice d'une capacité préalablement déterminée. Lorsque le récepteur est établi, il faut l'entretenir dans un état constant de propreté. Si l'on prévoit la pluie, on le frotte avec du papier à filtrer, afin d'enlever la poussière adhérente, qui n'est jamais exempte de nitrates. Pour empêcher les oiseaux de salir le pluviomètre, il est bon d'attacher à des baleines fixées aux extrémités des supports, des petits miroirs mobiles, *m*, *m*, *m*, représentés dans la *fig.* 10.

---

(1) Dans mes expériences sur la détermination de l'ammoniaque des eaux météoriques, je recevais la pluie sur une toile présentant une surface horizontale de 4 mètres carrés. Mais comme la toile, après son exposition à l'air, donne de nombreux filaments de cellulose qui étaient un inconvénient pour le dosage de l'acide nitrique, j'ai remplacé cette toile par un récipient métallique.

L'eau dans laquelle on doit doser l'acide nitrique est mise à évaporer dans une capsule en porcelaine, dont le fond plat a un diamètre un peu plus grand que celui de l'intérieur du fourneau sur lequel elle est placée (*fig.* 11). Par cette disposition, le fond de la capsule est toujours recouvert de liquide, même quand l'évaporation est poussée très-loin, ce qui n'arriverait pas si la capsule était concave; l'on aurait alors à craindre que par l'action directe de la chaleur du foyer sur la matière sèche, il n'y ait des nitrates détruits.

Lorsque l'eau est dans la capsule, on ajoute quelques gouttes d'une solution de carbonate de potasse, exempte de nitrate (1); si c'est 1 litre d'eau pluviale, $\frac{1}{5}$ de centimètre cube d'une solution contenant 1 centigramme de carbonate suffit pour assurer la transformation du nitrate d'ammoniaque en nitrate de potasse. L'évaporation doit avoir lieu sans ébullition, et l'on cesse d'évaporer quand il n'y a plus que quelques centimètres cubes de liquide.

La capsule étant refroidie, on la pèse avec le résidu de l'évaporation, et connaissant son poids net, on a celui du liquide concentré. Comme il ne serait pas possible d'enlever la totalité de ce liquide, parce qu'il en resterait nécessairement une partie adhérente à la porcelaine, on en prend seulement une partie pour doser l'acide nitrique. Pour éviter une

---

(1) Ce carbonate est préparé en brûlant du tartrate acide de potasse. Son utilité consiste en ce que le nitrate d'ammoniaque paraissant, d'après quelques essais, être décomposé en partie pendant une longue ébullition dans l'eau, il est préférable de le changer en nitrate de potasse.

pesée, on l'enlève avec un tube effilé, gradué en vingtièmes de centimètre cube, admettant, ce qui ne saurait être loin de la vérité, que le centimètre cube de l'eau concentrée pèse 1 gramme.

Voici le détail d'un dosage :

Pluie tombée à Paris du 31 janvier au 20 février 1858 : 2 litres mis à évaporer après y avoir introduit $\frac{2}{5}$ de centimètre cube de la dissolution de potasse.

Poids de la capsule....	$262^{gr},9$
Avec eau concentrée...	279,2
Eau concentrée...	16,3

L'eau concentrée est colorée en jaune assez foncé.

2 centimètres cubes distillés avec acide sulfurique, 1 centimètre cube.

Bioxyde de manganèse, 1 gramme; lavé deux fois par distillation, en ajoutant chaque fois 1 centimètre cube d'eau distillée.

$14^{div},2$ de la teinture d'indigo étaient détruites par $0^{millig},2$ de nitrate de potasse, contenant acide nitrique, $0^{millig},107$.

Avant on lisait sur la burette de teinture..	$2^{div},5$
Après....................................	28,0
Différence...	25,3
Correction pour la teinte verte........	0,5
Teinture décolorée...	25,0

$$\frac{25^{div} \times 0^{millig},107}{14,2} = \text{ac. nitr. } 0^{millig},19 \text{ dans } 2^{cc} \text{ d'eau concentrée.}$$

Dans $16^{cc},3$ d'eau concentrée, représentant 2 litres d'eau de pluie, acide nitrique, $1^{millig},55$.

Dosage de l'acide nitrique dans l'eau de la Marne,

prise à Charenton, le 14 décembre 1857. — Évaporé 396 centimètres cubes d'eau.

Poids de la capsule....	$420^{gr},8$
Avec l'eau concentrée..	428,2
Eau concentrée...	7,4

L'eau concentrée a une teinte jaune.

Distillé :

Eau concentrée..........	3 centimètres cubes.
Bioxyde de manganèse....	1 gramme.
Acide sulfurique.........	1 centimètre cube.

Lavé deux fois par distillation, en ajoutant chaque fois 2 centimètres cubes d'eau distillée dans la cornue.

Avant la concentration dans le tube récipient, on sursature le liquide distillé avec quelques gouttes d'ammoniaque pour détruire le chlore; l'on fait bouillir.

$15^{div},2$ de la teinture d'indigo étaient détruites par 1 milligramme de nitrate de potasse, contenant $0^{millig},534$ d'acide nitrique.

Avant, on lisait sur la burette de teinture.	$4^{div},5$
Après...........................	30,0
Différence...	25,5
Correction pour la teinte verte.........	3
Teinture décolorée...	25,2

$$\frac{25^{div},2 \times 0^{millig},534}{15,2} = 0^{millig},8853 \text{ ac. nitr. dans } 3^{cc} \text{ d'eau conc.}$$

Dans les $7^{cc},4$ d'eau concentrée, provenant de 396 centimètres cubes d'eau de la Marne, acide nitrique, $2^{millig},18$.

Dans 1 litre d'eau, $5^{millig},51$.

Recherche et dosage approximatif dans l'eau d'un puits de la rue Saint-Landry, à Paris. — Dans les eaux où il y a plusieurs millièmes de nitrates, comme cela arrive souvent dans l'eau des puits placés près des habitations, le procédé par l'indigo permet de les découvrir et même de les doser, en agissant seulement sur 1 centimètre cube de liquide.

$15^{div},3$ de la teinture étaient décolorées par 1 milligramme de nitrate de potasse, contenant $0^{millig},534$ d'acide nitrique.

1 centimètre cube d'eau d'un puits de la rue Saint-Landry, située dans un des plus vieux quartiers de Paris, a été distillé avec 1 gramme de manganèse et 1 centimètre cube d'acide sulfurique.

On a lavé deux fois par distillation; la liqueur distillée, avant d'être concentrée dans le tube récipient, a reçu quelques gouttes d'ammoniaque pour détruire le chlore.

	div
Avant, on lisait sur la burette	1,0
Après	42,8
Différence . . .	41,8
Correction pour la teinte verte	0,3
Teinture décolorée . . .	41,5

$$\frac{41^{div},5 \times 0^{millig},534}{15,2} = 1^{millig},458 \text{ acide nitrique dans } 1^{cc} \text{ d'eau.}$$

Dans 1 litre, $1^{gr},458$ d'acide = nitrate de potasse, $2^{gr},731$.

Dans 1 mètre cube de l'eau de puits de la rue Saint-Landry, il y avait en nitrates l'équivalent de $2^{kil},731$ de nitrate de potasse.

Je ne crois pas que dans la réaction on puisse se

tromper, soit en plus, soit en moins d'une demi-division sur le volume de la teinture d'indigo employée; or une demi-division répond à $0^{millig},0017$ d'acide nitrique, l'erreur sur l'acide nitrique d'un litre d'eau, quel qu'en soit le sens, ne pourrait dépasser 2 milligrammes. Par tout autre procédé, on n'obtiendrait pas un résultat plus satisfaisant. On opérerait sans doute sur une plus forte quantité d'eau, mais le réactif que l'on ferait agir n'aurait plus l'extrême sensibilité de la teinture d'indigo.

Dosage de l'acide nitrique dans une terre végétale. — 20 grammes de terre desséchée au bain-marie ont été mis en digestion dans un flacon avec 20 centimètres cubes d'eau; on a agité le mélange, et, une heure après, on a jeté sur un filtre. Le liquide filtré n'était pas sensiblement coloré, on l'a mis en réserve. 12 centimètres cubes du liquide ont été concentrés dans la petite cornue tubulée où devait avoir lieu le traitement. Lorsque le liquide fut réduit à 3 centimètres cubes, on laissa refroidir, puis on mit dans la cornue 1 gramme de bioxyde de manganèse et 1 centimètre cube d'acide sulfurique. On distilla, on lava deux fois par distillation, puis, après avoir introduit un peu d'ammoniaque dans le produit acide de la distillation, on fit agir l'indigo.

$21^{div},2$ de la teinture étaient détruites par $0^{millig},534$ d'acide nitrique.

Il y eut de décoloré $40^{div},4$ de teinture, toutes corrections faites.

$$\frac{40^{div},4 \times 0^{millig},534}{21,2} = 1^{m},018 \text{ ac. nit. dans 12 cent. c. de solution.}$$

Dans 20 centimètres cubes de solution, contenant les nitrates de 20 grammes de terre, acide nitrique, $1^{\text{millig}},70$, soit pour 1 kilogramme de terre sèche, $0^{\text{gr}},085$ = nitrate de potasse, $0^{\text{gr}},159$.

J'ai pris ce dosage au hasard; généralement on opère sur 500 grammes ou 1 kilogramme de terre sèche que l'on met dans un flacon avec un poids d'eau égal au sien. On prend ensuite un volume de 10 à 12 centimètres cubes que l'on concentre dans la cornue; mais lorsque la terre est bien homogène, qu'elle a été séparée des débris végétaux et des pierres, il n'est pas nécessaire d'agir sur d'aussi fortes quantités, puisqu'on ne peut, commodément du moins, concentrer plus de 10 à 12 centimètres de la solution dans la cornue où doit être faite la distillation avec le manganèse et l'acide sulfurique.

Comme l'on pouvait répondre d'une $\frac{1}{2}$ division dans l'appréciation du volume de la teinture décolorée, on voit que dans le dosage opéré sur 12 centimètres cubes de la solution, l'erreur ne devant pas dépasser $0^{\text{millig}},012$ d'acide nitrique.

Le traitement par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique est rarement indispensable pour doser les nitrates dans une terre arable, dans une marne, dans un guano terreux, en un mot dans des substances pauvres en matières organiques solubles. Voici, au reste, les règles qui doivent guider l'opérateur sur le choix des moyens.

Si une substance terreuse mise en digestion avec de l'eau, donne une solution incolore ou faiblement colorée après la concentration, l'acide nitrique doit être dosé directement par la teinture d'indigo. Si la solu-

tion aqueuse est colorée, il faut mettre la substance en digestion dans de l'alcool à 80° centésimaux pendant quelques heures, et si la solution alcoolique, après avoir été additionnée d'eau et concentrée, laisse un liquide peu ou pas coloré, le dosage de l'acide nitrique doit avoir lieu directement. En un mot, il ne faut recourir à l'intervention de l'oxygène naissant que dans le cas où la solution aqueuse ou alcoolique donne après la concentration une liqueur sensiblement colorée, car alors il y a présence d'une matière ulmique capable de troubler la netteté de la réaction de l'indigo. Pour toute autre matière qu'une terre arable, une marne, l'absence d'une teinte dans la solution aqueuse ou dans la solution alcoolique ne suffirait plus pour conclure à l'absence d'une substance organique : ainsi un suc, un tissu végétal pourraient donner des solutions incolores dans lesquelles néanmoins il y aurait du sucre, du glucose qu'il faudrait brûler par l'action du bioxyde de manganèse, ou du bichromate de potasse avant de faire agir la teinture d'indigo pour doser l'acide nitrique ; mais dans le cas d'une matière terreuse donnant des solutions non colorées, le dosage direct de cet acide est tout aussi exact et beaucoup plus rapide. En voici la preuve.

Terre prise dans le jardin du Conservatoire. — L'échantillon de terre séchée à l'air était homogène, on en avait séparé les débris de plantes.

I. 10 grammes ont été mis en digestion avec 20 centimètres cubes d'eau ; une heure après on a jeté sur un filtre. 10 centimètre cubes de la liqueur filtrée ont

été concentrés dans une petite cornue, en laissant la tubulure ouverte pour favoriser l'évaporation. Le liquide, concentré de manière à occuper un volume de 3 centimètres cubes, avait une teinte brune. On a introduit dans la cornue 1 gramme de bioxyde de manganèse, 1 centimètre cube d'acide sulfurique, et l'on a distillé avec les précautions d'usage. Après deux lavages par distillation, on a dosé l'acide nitrique dans le liquide distillé, auquel on avait ajouté quelques gouttes d'ammoniaque avant d'en opérer la concentration dans le tube récipient.

$18^{div},7$ de teinture d'indigo étaient décolorées par $0^{millig},534$ d'acide nitrique.

	div	
Teinture dans la burette, lu : Avant.	1,0	
Après.	14,5	
Différence. . .	13,5	
Correction pour la teinte.	0,3	
Teinture décolorée.	13,2	= Ac. nit. dans 10^{cc} de solution $0^{millig},38$
Dans 20^{cc} de solution, répondant à 10 grammes de terre.		$0^{millig},76$

Dans 100 grammes de terre, acide nitrique $0^{gr},0076$.

II. 10 grammes de la même terre ont été mis en digestion dans 20 centimètres cubes d'alcool; après avoir fortement agité le mélange dans le flacon et laissé digérer pendant quelques heures, on a jeté sur un filtre disposé sous une petite cloche, comme dans la *fig.* 9. On a mis 10 centimètres cubes dans un tube d'essai avec 4 centimètres d'eau, et l'on a concentré jusqu'à réduction à un volume de 2 centimètres

cubes (1). Après l'expulsion de l'alcool, la liqueur avait une légère teinte ambrée; on a procédé au dosage direct de l'acide nitrique avec la teinture d'indigo dont $18^{div},7$ étaient décolorées par $0^{millig},534$ d'acide.

Teinture dans la burette, lu : Avant.	$\overset{div}{14,5}$	
Après.	28,5	
Différence...	14,0	
Correction pour la teinte.........	0,4	
Teinture décolorée...............	13,6	= Ac. nit. dans 10^{cc} de solution $0^{millig},388$

Dans 20^{cc} de solution, répondant à 10 grammes de terre $0^{millig},776$

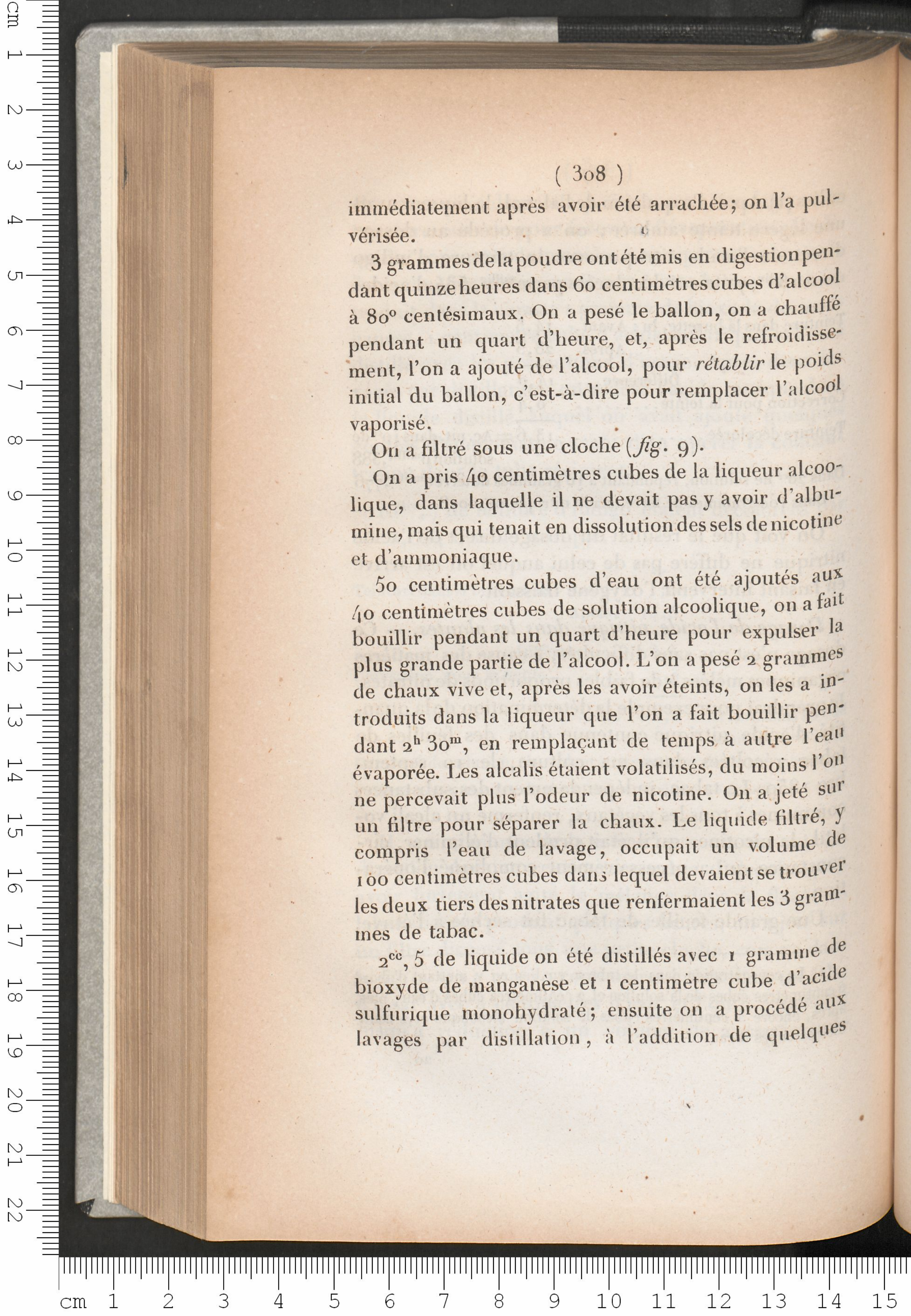
Dans 100 grammes de terre, acide nitrique $0^{gr},0078$.

On voit que le résultat du dosage direct de l'acide nitrique ne diffère pas de celui auquel on est arrivé en faisant intervenir l'oxygène naissant.

Dosage de l'acide nitrique dans les plantes. — Ce dosage n'est pas sans difficultés, à cause des matières organiques mêlées à de faibles proportions de nitrates. Je prendrai pour exemple la détermination de la quantité d'acide nitrique contenue dans des feuilles de tabac récoltées dans ma culture, le 10 septembre 1859. Le tabac, indépendamment des substances communes à tous les végétaux, renferme un alcali volatil, la nicotine, qu'il était prudent d'éliminer, circonstance qui a nécessairement compliqué l'opération.

Une grande feuille de tabac fut séchée à l'étuve,

(1) La concentration dans le tube a eu lieu en y mettant d'abord 5 centimètres cubes de la solution et 2 centimètres cubes d'eau; puis, après, encore 5 centimètres cubes de solution alcoolique et 2 centimètres cubes d'eau.



immédiatement après avoir été arrachée; on l'a pulvérisée.

3 grammes de la poudre ont été mis en digestion pendant quinze heures dans 60 centimètres cubes d'alcool à 80° centésimaux. On a pesé le ballon, on a chauffé pendant un quart d'heure, et, après le refroidissement, l'on a ajouté de l'alcool, pour *rétablir* le poids initial du ballon, c'est-à-dire pour remplacer l'alcool vaporisé.

On a filtré sous une cloche (*fig.* 9).

On a pris 40 centimètres cubes de la liqueur alcoolique, dans laquelle il ne devait pas y avoir d'albumine, mais qui tenait en dissolution des sels de nicotine et d'ammoniaque.

50 centimètres cubes d'eau ont été ajoutés aux 40 centimètres cubes de solution alcoolique, on a fait bouillir pendant un quart d'heure pour expulser la plus grande partie de l'alcool. L'on a pesé 2 grammes de chaux vive et, après les avoir éteints, on les a introduits dans la liqueur que l'on a fait bouillir pendant $2^h\ 30^m$, en remplaçant de temps à autre l'eau évaporée. Les alcalis étaient volatilisés, du moins l'on ne percevait plus l'odeur de nicotine. On a jeté sur un filtre pour séparer la chaux. Le liquide filtré, y compris l'eau de lavage, occupait un volume de 100 centimètres cubes dans lequel devaient se trouver les deux tiers des nitrates que renfermaient les 3 grammes de tabac.

2^{cc},5 de liquide on été distillés avec 1 gramme de bioxyde de manganèse et 1 centimètre cube d'acide sulfurique monohydraté; ensuite on a procédé aux lavages par distillation, à l'addition de quelques

gouttes d'ammoniaque pour détruire les traces de chlore qui auraient pu se trouver dans la liqueur acide distillée.

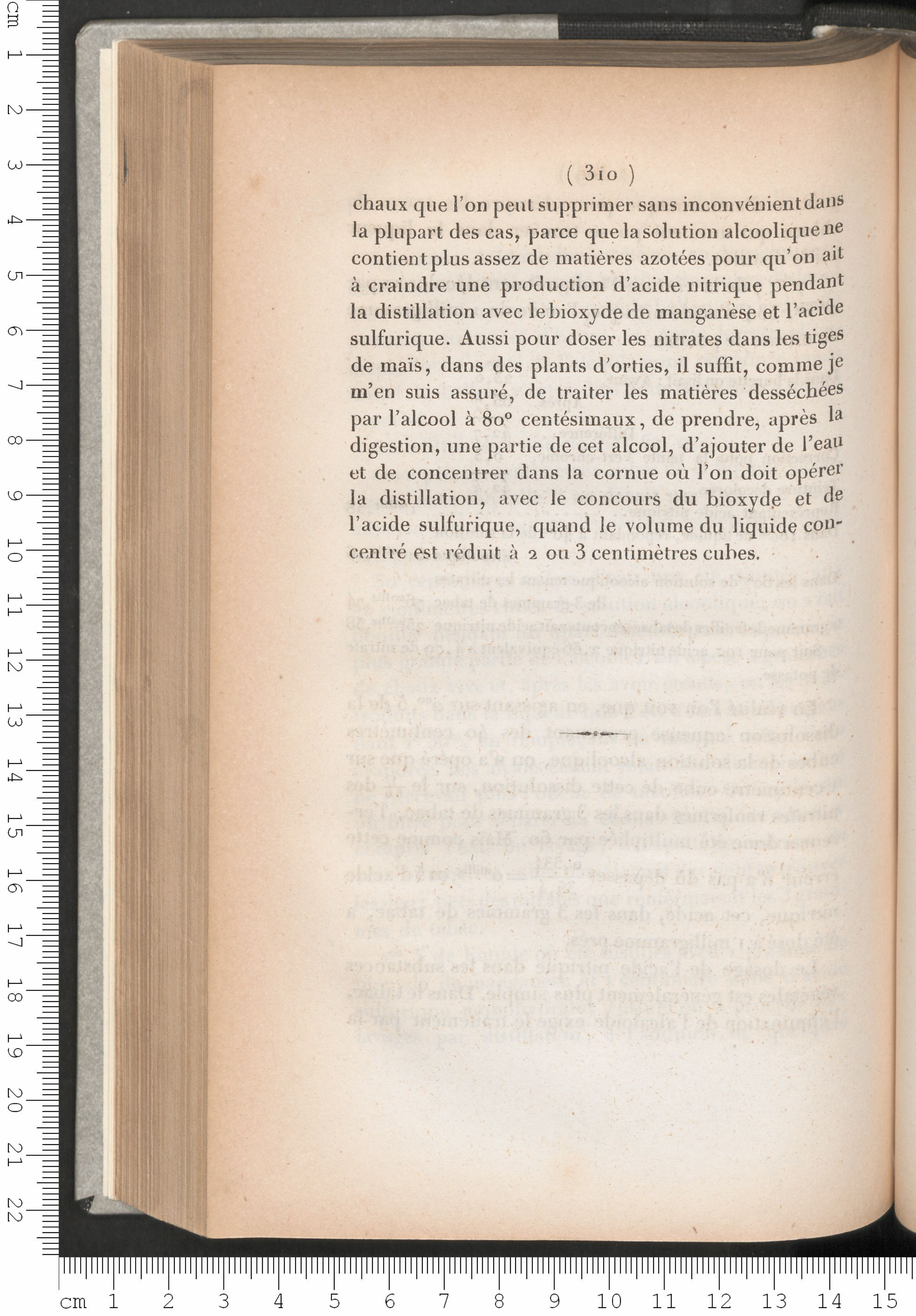
$17^{div}, 7$ de la teinture d'indigo étaient décolorées par $0^{millig}, 534$ d'acide nitrique, l'acide de 1 milligramme de nitrate de potasse.

Dans la burette on lisait : Avant.	^{div} 23,0
Après.	65,7
Différence...	42,7
Correction pour la teinte vert-chrome.	0,3
Teinture décolorée..................	42,4
Représentant acide nitrique..	$1^{millig}, 28$
Dans 100^{cc} de liquide, répondant à 40^{cc} de la solution alcoolique	$51^{millig}, 16$
Dans les 60^{cc} de solution alcoolique tenant les nitrates de 3 grammes de tabac	$76^{millig}, 74$
1 gramme de feuilles de tabac sec contenait acide nitrique	$25^{millig}, 58$

Soit pour 100, acide nitrique 2,56 équivalent à 4,79 de nitrate de potasse.

En réalité l'on voit que, en agissant sur $2^{cc}, 5$ de la dissolution aqueuse provenant des 40 centimètres cubes de la solution alcoolique, on n'a opéré que sur 1 centimètre cube de cette dissolution, sur le $\frac{1}{60}$ des nitrates renfermés dans les 3 grammes de tabac, l'erreur a donc été multipliée par 60. Mais comme cette erreur n'a pas dû dépasser $\frac{0,534}{35,4} = 0^{millig}, 015$ d'acide nitrique, cet acide, dans les 3 grammes de tabac, a été dosé à 1 milligramme près.

Le dosage de l'acide nitrique dans les substances végétales est généralement plus simple. Dans le tabac, l'élimination de l'alcaloïde exige le traitement par la



chaux que l'on peut supprimer sans inconvénient dans la plupart des cas, parce que la solution alcoolique ne contient plus assez de matières azotées pour qu'on ait à craindre une production d'acide nitrique pendant la distillation avec le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique. Aussi pour doser les nitrates dans les tiges de maïs, dans des plants d'orties, il suffit, comme je m'en suis assuré, de traiter les matières desséchées par l'alcool à 80° centésimaux, de prendre, après la digestion, une partie de cet alcool, d'ajouter de l'eau et de concentrer dans la cornue où l'on doit opérer la distillation, avec le concours du bioxyde et de l'acide sulfurique, quand le volume du liquide concentré est réduit à 2 ou 3 centimètres cubes.

RECHERCHES

SUR LA

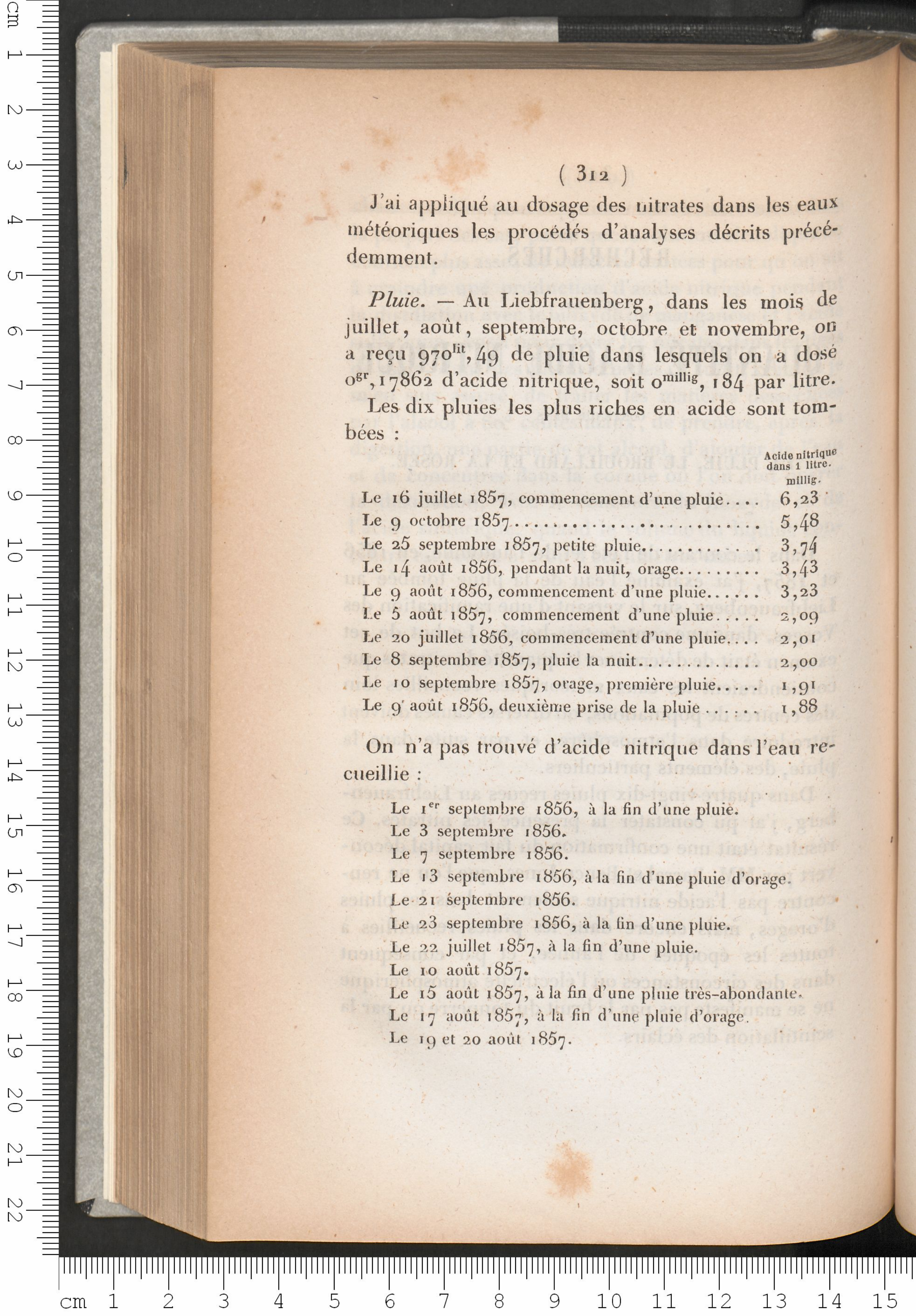
QUANTITÉ D'ACIDE NITRIQUE

CONTENUE DANS

LA PLUIE, LE BROUILLARD ET LA ROSÉE.

Dans le courant de l'été et de l'automne, en 1856 et 1857, j'ai examiné l'eau de la pluie tombée au Liebfrauenberg, sur le versant d'une ramification des Vosges, dans une contrée très-boisée. Le but de cet examen était de déterminer la quantité de nitrates que contiendraient les eaux météoriques recueillies loin des centres de populations, où diverses causes doivent introduire dans l'atmosphère, et par suite dans la pluie, des éléments particuliers.

Dans quatre-vingt-dix pluies reçues au Liebfrauenberg, j'ai pu constater la présence des nitrates. Ce résultat était une confirmation du fait capital découvert par MM. Barral et Bence Jones, que l'on ne rencontre pas l'acide nitrique seulement dans les pluies d'orages, mais encore dans les pluies recueillies à toutes les époques de l'année, et par conséquent dans des circonstances où l'électricité atmosphérique ne se manifeste pas par le bruit du tonnerre ou par la scintillation des éclairs.



J'ai appliqué au dosage des nitrates dans les eaux météoriques les procédés d'analyses décrits précédemment.

Pluie. — Au Liebfrauenberg, dans les mois de juillet, août, septembre, octobre et novembre, on a reçu $970^{lit},49$ de pluie dans lesquels on a dosé $0^{gr},17862$ d'acide nitrique, soit $0^{millig},184$ par litre.

Les dix pluies les plus riches en acide sont tombées :

	Acide nitrique dans 1 litre. millig.
Le 16 juillet 1857, commencement d'une pluie....	6,23
Le 9 octobre 1857..........................	5,48
Le 25 septembre 1857, petite pluie..........	3,74
Le 14 août 1856, pendant la nuit, orage.........	3,43
Le 9 août 1856, commencement d'une pluie......	3,23
Le 5 août 1857, commencement d'une pluie.....	2,09
Le 20 juillet 1856, commencement d'une pluie....	2,01
Le 8 septembre 1857, pluie la nuit.............	2,00
Le 10 septembre 1857, orage, première pluie.....	1,91
Le 9 août 1856, deuxième prise de la pluie......	1,88

On n'a pas trouvé d'acide nitrique dans l'eau recueillie :

Le 1er septembre 1856, à la fin d'une pluie.
Le 3 septembre 1856.
Le 7 septembre 1856.
Le 13 septembre 1856, à la fin d'une pluie d'orage.
Le 21 septembre 1856.
Le 23 septembre 1856, à la fin d'une pluie.
Le 22 juillet 1857, à la fin d'une pluie.
Le 10 août 1857.
Le 15 août 1857, à la fin d'une pluie très-abondante.
Le 17 août 1857, à la fin d'une pluie d'orage.
Le 19 et 20 août 1857.

Quatre ans auparavant, aux mêmes époques, j'avais trouvé dans $1758^{lit},25$ d'eau météorique tombée dans la même localité, $1^{gr},03352$ d'ammoniaque, environ $0^{millig},6$ par litre.

Ainsi, dans la pluie tombée au Liebfrauenberg, la proportion d'ammoniaque a été plus forte que celle de l'acide nitrique.

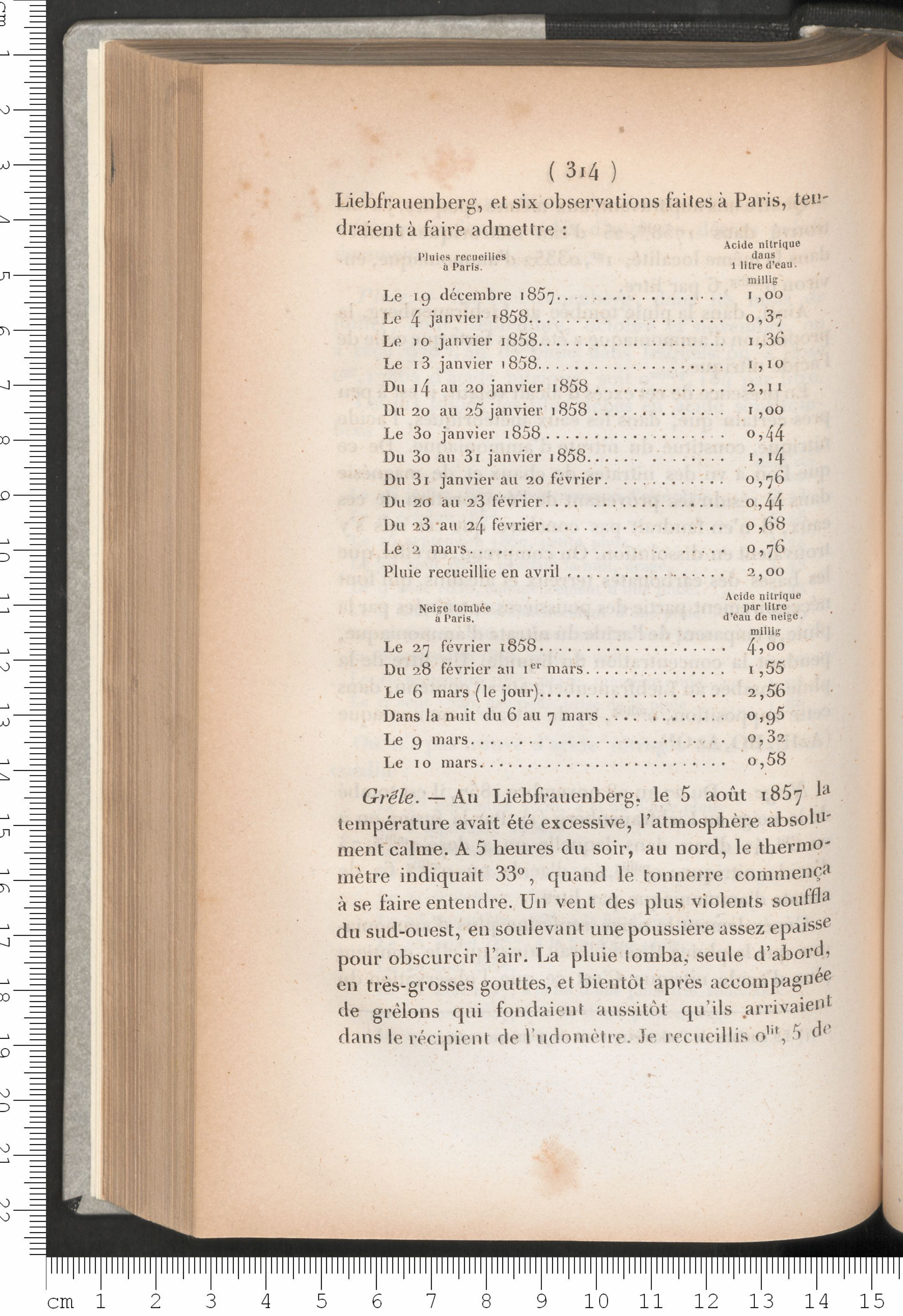
En présence de cet excès d'alcali volatil, il est à peu près certain que, dans les eaux météoriques, l'acide nitrique constitue du nitrate d'ammoniaque. De ce que l'on a vu des nitrates de chaux et de magnésie dans le résidu sec provenant de l'évaporation de ces eaux, il n'en faudrait pas conclure que ces sels s'y trouvaient en dissolution. On comprend, en effet, que les bases des carbonates terreux et alcalins, qui font nécessairement partie des poussières entraînées par la pluie, s'emparent de l'acide du nitrate d'ammoniaque, pendant la concentration du liquide. Un litre de la pluie tombée au Liebfrauenberg aurait contenu, dans cette supposition, $0^{millig},27$ de nitrate d'ammoniaque (AzH^3, HO, AzO^5).

Neige. — Du 27 au 28 novembre 1857, il est tombé de la neige au Liebfrauenberg (1). Par la fusion on a eu $6^{lit},42$ d'eau dans laquelle on a dosé $2^{millig},73$ d'acide nitrique : $0^{millig},42$ d'acide ou $0^{millig},62$ de nitrate d'ammoniaque par litre.

Généralement la neige renferme plus d'ammoniaque que la pluie ; il semblerait aussi qu'elle contient plus d'acide nitrique. C'est ce que l'observation du

---

(1) La surface de l'udomètre était de 1 mètre carré.



Liebfrauenberg, et six observations faites à Paris, tendraient à faire admettre :

Pluies recueilies à Paris.	Acide nitrique dans 1 litre d'eau. millig
Le 19 décembre 1857	1,00
Le 4 janvier 1858	0,37
Le 10 janvier 1858	1,36
Le 13 janvier 1858	1,10
Du 14 au 20 janvier 1858	2,11
Du 20 au 25 janvier 1858	1,00
Le 30 janvier 1858	0,44
Du 30 au 31 janvier 1858	1,14
Du 31 janvier au 20 février	0,76
Du 20 au 23 février	0,44
Du 23 au 24 février	0,68
Le 2 mars	0,76
Pluie recueillie en avril	2,00

Neige tombée à Paris.	Acide nitrique par litre d'eau de neige. millig
Le 27 février 1858	4,00
Du 28 février au 1er mars	1,55
Le 6 mars (le jour)	2,56
Dans la nuit du 6 au 7 mars	0,95
Le 9 mars	0,32
Le 10 mars	0,58

Grêle. — Au Liebfrauenberg, le 5 août 1857 la température avait été excessive, l'atmosphère absolument calme. A 5 heures du soir, au nord, le thermomètre indiquait 33°, quand le tonnerre commença à se faire entendre. Un vent des plus violents souffla du sud-ouest, en soulevant une poussière assez epaisse pour obscurcir l'air. La pluie tomba, seule d'abord, en très-grosses gouttes, et bientôt après accompagnée de grêlons qui fondaient aussitôt qu'ils arrivaient dans le récipient de l'udomètre. Je recueillis 0^{lit}, 5 de

la première pluie, puis ensuite 10^{lit}, 5 de pluie tombée avec la grêle; elle avait une température de 10°, 5.

A $5^h\ 20^m$ il avait cessé de pleuvoir; il restait 4^{lit}, 5 de la dernière pluie dans l'udomètre; en vingt minutes, car l'averse ne dura pas davantage, il était tombé 15^{mm}, 25 d'eau.

L'acide a été dosé dans les trois fractions de la pluie reçue pendant l'orage.

	EAU en millimètres	EAU mesurée dans l'udomètre.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau
	mm	lit.	millig.	millig.
Première eau..................	0,50	0,50	1,043	2,09
Deuxième eau, mêlée de grêle..	10,25	10,25	2,542	0,25
Troisième eau, sans grêle.....	4,50	4,50	0,850	0,19
	15,25	15,25	4,435	0,29

La grêle fut beaucoup plus abondante dans la plaine qu'au Liebfrauenberg, placé sur la lisière de la forêt; elle causa de grands dégâts.

Le 2 septembre 1857, à $2^h\ 30^m$ après midi, il y eut un orage très-fort dans la vallée de la Saüer, à quelques centaines de mètres au-dessous de l'habitation. Le vent venait du sud-ouest. La foudre tomba sur un noyer. L'odeur d'ozone fut très-sensible pendant l'orage, et le papier de Schönbein prit une teinte bleue. Il pleuvait considérablement dans la vallée, mais sur la montagne la pluie ne dura que quelques instants; on en mesura $0^{lit},75$ ($0^{mm},75$). Cette eau, recueillie au milieu d'influences électriques aussi prononcées, ne contenait cependant que $0^{millig},21$ d'acide nitrique, $0^{millig},3$ par litre.

Pendant la nuit du 2 au 3 septembre, il tomba une

pluie fine, dans laquelle on ne trouva que des traces d'acide nitrique, 0^{millig}, 04 par litre.

Grêle tombée à Paris. — Le 30 avril 1858, il y eut à Paris un orage accompagné de pluie et de grêle. J'avais disposé l'udomètre de façon à ce que les grêlons restassent sur le récepteur. J'ai pu alors examiner séparément la pluie et l'eau provenant de la fusion de la grêle. J'ai cru qu'il serait intéressant de déterminer les proportions d'ammoniaque et d'acide nitrique. Voici les résultats rapportés à un litre de liquide :

	Ammoniaque. millig	Acide nitrique. millig.
Dans la pluie	2,16	0,55
Dans l'eau provenant de la fusion des grêlons	2,08	0,83

La proportion d'ammoniaque a été, à peu de chose près, la même dans les deux cas; mais il y a eu notablement plus d'acide nitrique dans la grêle que dans la pluie qui l'accompagnait. Dans un litre de la pluie, il y avait par conséquent 0^{millig}, 81 de nitrate d'ammoniaque, et 1^{millig}, 99 d'ammoniaque à l'état de carbonate. Dans 1 litre de la grêle fondue, il y avait 1^{millig}, 23 de nitrate et 1^{millig}, 82 d'ammoniaque unie à l'acide carbonique.

Brouillard. — Un des résultats les plus curieux des recherches que j'ai faites en 1853 sur les eaux météoriques, a été de constater, dans les brouillards, une proportion d'ammoniaque beaucoup plus forte que dans les pluies.

Dans l'eau de ces météores que j'avais recueillie en octobre et en novembre, j'ai trouvé, par litre, de

3 à 9 milligrammes d'ammoniaque. Un brouillard qui s'étendit sur la partie de la vallée du Rhin comprise entre les montagnes de la forêt Noire et la chaîne des Vosges, du 14 au 16 novembre, météore aussi remarquable par son opacité, son odeur, que par sa persistance, en contint, par litre, jusqu'à 50 milligrammes.

Les observations de 1857, faites au Liebfrauenberg, indiqueraient plus d'acide nitrique dans les brouillards que dans la pluie.

Dates.	Acide nitrique dans 1 litre d'eau provenant du brouillard.
Octobre, le 25 au matin	0,39
le 26 dans la nuit	1,19
le 28, de 7 à 10 heures du soir	0,72
Novembre, le 18	0,96
Décembre, le 25	1,08
le 26	1,83

Brouillards recueillis à Paris. — Le 23 janvier 1854, j'ai examiné un brouillard tellement épais, que dans plusieurs quartiers, à 10 heures du matin, on fut obligé d'éclairer les appartements. L'eau, limpide, d'une teinte légèrement jaune, était remarquable par la proportion d'alcali qu'elle renfermait. Dans 1 litre il y avait 138 milligrammes d'ammoniaque équivalent à $0^{gr},64$ de bicarbonate, quantité trois fois aussi forte que celle que j'avais trouvée dans le brouillard observé dans la vallée du Rhin, du 14 au 16 novembre 1853. Je fis remarquer alors qu'une aussi notable quantité d'ammoniaque permettait d'expliquer comment, dans certaines circonstances, les brouillards ont une odeur assez pénétrante pour affecter péniblement les organes de la respiration.

J'ai saisi avec empressement l'occasion de doser l'acide nitrique dans un brouillard extrêmement dense qui enveloppa une partie de la capitale le 19 décembre 1857, entre 8 et 10 heures du soir. Telle était l'opacité de la vapeur vésiculaire, que sur le boulevard Beaumarchais il suffisait de se placer à une distance de vingt pas d'un bec de gaz pour ne plus en apercevoir la lumière. L'eau que je trouvai dans l'udomètre, établi sur une terrasse près la place Royale, avait une teinte ambrée, une odeur de suie. Quand on y versa une dissolution de potasse (1) avant de procéder à l'évaporation, il y eut dégagement d'ammoniaque. Cette eau ramenait au bleu le papier de tournesol rougi par les acides,

Le dosage indiqua par litre d'eau 10^{millig}, 11 d'acide nitrique, équivalent à 15 milligrammes de nitrate d'ammoniaque, AzH^3, HO, AzO^5.

Rosée. — La rosée est un phénomène considérable, non-seulement par la quantité absolue qu'en reçoit un point du globe, mais encore par l'étendue des surfaces où elle se manifeste. C'est principalement dans les régions tropicales qu'elle exerce les effets les plus marqués et les plus favorables sur la végétation. Lorsque l'air, saturé de vapeur à la température de 30°, contient plus de 30 grammes d'eau par mètre cube, elle se dépose abondamment pendant la nuit; elle ruisselle des feuilles, et le matin, dans les

---

(1) La potasse employée dans ces expériences ne renfermait pas la plus légère trace de nitrate. On l'avait préparée par l'incinération du tartrate acide de potasse purifié.

steppes du Méta et du Casanare, j'ai vu l'herbe aussi mouillée par la rosée qu'elle eût pu l'être par la pluie.

On constate le plus ou moins d'abondance de la rosée, mais on ne saurait la mesurer, parce qu'elle ne tombe pas comme la pluie. Son apparition dépend du pouvoir rayonnant du corps qu'elle mouille, car elle ne se dépose que sur les substances plus froides que l'air ambiant, et en quantité d'autant plus forte, que la différence de température est plus prononcée.

Quand Flaugergue observa que sur un plateau de fer-blanc peint à l'huile chaque rosée déposait, en moyenne, une couche d'eau de $\frac{5}{100}$ de millimètre d'épaisseur, il enregistrait un fait particulier à une surface de fer-blanc peint à l'huile, et il n'était pas permis le moins du monde d'en conclure que le gazon voisin recevait aussi une tranche de liquide de $\frac{5}{100}$ de millimètre. Les résultats eussent été tout autres, si, comme récipient, le savant météorologiste de Viviers eût fait usage de porcelaine, de verre, de terre vernissée, de toile cirée, par la raison que, chacune de ces matières étant douée d'un pouvoir spécial pour émettre la chaleur, se serait refroidie à des degrés divers par la radiation nocturne, et eût condensé, dans son contact avec l'atmosphère, des quantités fort différentes de vapeur aqueuse.

L'udomètre n'indiquera donc jamais la rosée qui humectera une contrée, puisque, les conditions de température et d'hygrométrie étant les mêmes, la terre labourée, la jachère, les cultures, les forêts, les roches, le sable, en recevront néanmoins des quantités très-variables. Il y a plus : les feuilles

n'ont certainement pas dans toutes les plantes une égale faculté émissive; la rapidité, l'intensité de leur refroidissement, le dépôt de rosée qui en est la conséquence, sont nécessairement liés à la distance où elles se trouvent du sol, à la couleur plus ou moins foncée, au poli ou à la rugosité de leur épiderme. J'ai remarqué plusieurs fois que de la rosée dégouttait des feuilles d'une plantation de betteraves, lorsque dans le champ contigu les fanes de la pomme de terre étaient à peine humides.

Tout en reconnaissant l'impossibilité de mesurer la rosée comme l'on mesure la pluie, j'ai cependant cherché à évaluer celle qui mouillait un herbage. La manière dont je m'y suis pris n'a assurément rien de scientifique : elle ne donne que des minima, parce qu'elle ne permet pas de tenir compte de l'eau absorbée par le sol.

Après une nuit sereine, lorsque l'atmosphère était restée calme, quand, en un mot, les circonstances avaient été favorables à la radiation nocturne, je me rendais dans les prairies des bords de la Saüer avant le lever du soleil. Là, avec une éponge, on essuyait l'herbe sur une surface de quatre mètres carrée. L'eau était mise dans un flacon et pesée.

Voici les poids de la rosée obtenue par ce moyen depuis le 14 août jusqu'au 2 octobre de l'année 1857 :

		Rosée prise sur 4 mètres carrés. gr.	Hauteur de la couche d'eau. millim.
Août.....	14	637	0,16
	18	710	0,18
	19	352	0,09
	22	495	0,12
	23	303	0,08

		Rosée prise sur 4 mètres carrés.	Hauteur de la couche d'eau.
		gr.	millim.
Août	26	242	0,06
	27	310	0,08
	28	140	0,04
	29	250	0,06
Septembre.	2	402	0,10
	7	1072	0,27
	16	1080	0,27
	17	712	0,18
	20	355	0,09
	23	1020	0,26
	28	670	0,15
Octobre. . .	2	722	0,18
		Moyenne. . .	0,14

En moyenne, la rosée recueillie sur la prairie représenterait une pluie de $0^{mill},14$, équivalent à 1400 litres d'eau tombant sur une surface d'un hectare, volume trop faible, sans doute, pour remplacer l'arrosement, mais qui n'en est pas moins très-utile sur les prés comme sur les cultures, en atténuant les mauvais effets causés par des sécheresses prolongées ; on en a eu une preuve frappante dans l'été de 1857.

Depuis plusieurs années on n'avait éprouvé une température élevée aussi persistante; il ne pleuvait qu'à de longs intervalles; la terre était poudreuse. Trois plantes seules résistaient parfaitement, le froment, la vigne et le tabac dont la vigueur me rappelait les belles plantations d'Ambalema, des vallées d'Arragua, de Varinas. Je n'ai pas mentionné le houblon, qui occupe toujours un sol foncièrement humide. Quant aux autres cultures, leur développement était singulièrement retardée; les arbres se dépouillaient, parce que,

ainsi que je l'ai observé maintes fois dans les régions équinoxiales, une sécheresse extrême agit sur la forêt comme un hiver rigoureux. Les feuilles des betteraves, des pommes de terre, des topinambours, souffraient considérablement durant ces chaudes journées; elles étaient pendantes et flétries, mais le matin on les trouvait redressées, vivaces, fermes sur la tige. Ce changement, je l'attribue uniquement à l'intervention de la rosée, et non pas, comme on pourrait aussi se l'imaginer, à ce que la transpiration cessant pendant la nuit, l'eau puisée par les racines s'accumulerait dans le tissu des parties aériennes du végétal. Voici le fait sur lequel j'appuie cette opinion. C'est une coutume très-répandue en Alsace comme en Lorraine de planter des pruniers dans les champs labourés. Or on remarquait que partout où ces arbres abritaient des betteraves, des topinambours, les feuilles abattues par la chaleur du jour ne se relevaient pas: c'est que l'arbre, en formant écran, s'opposait à la radiation nocturne, au refroidissement qui en est la conséquence, et par suite au dépôt de rosée; il fallait de la pluie pour ranimer les plantes.

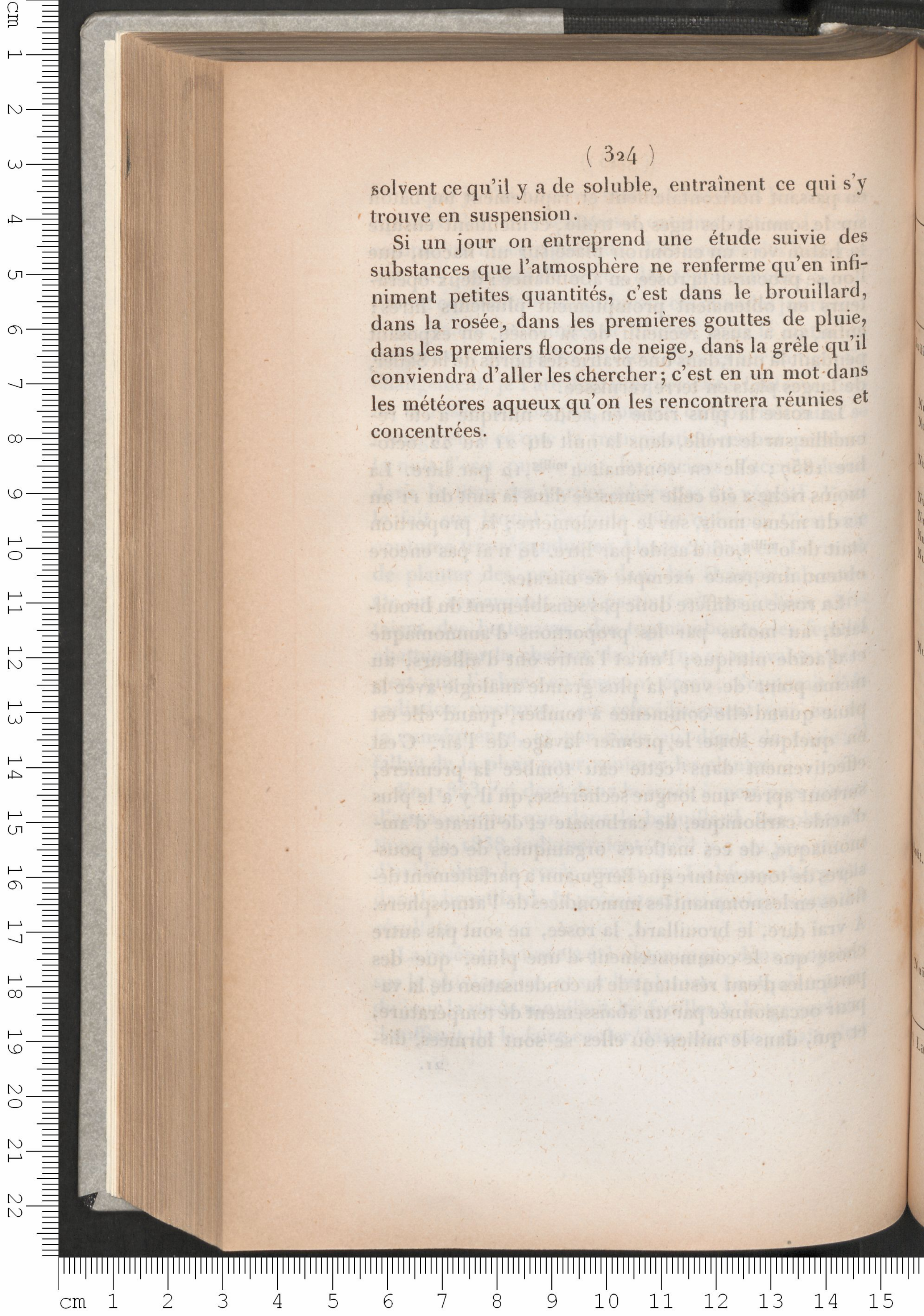
En 1853 j'ai dosé dans la rosée à peu près autant d'ammoniaque que dans le brouillard. Les observations de 1858 indiqueraient qu'il y a un peu moins d'acide dans la rosée reçue au Liebfrauenberg que dans le brouillard. Je présenterai ici quelques-uns des résultats.

La rosée examinée a été obtenue par deux moyens: sur le pluviomètre, et sur les plantes. Lorsqu'au point du jour la rosée mouillait les feuilles à large surface, il suffisait de la faire couler dans un vase; mais c'est

en passant horizontalement et rapidement un bâton sur le sommet des tiges de trèfle, et inclinant ensuite le bâton vers un entonnoir placé sur un flacon, que l'on se procurait la rosée en abondance : deux opérateurs en obtenaient promptement plusieurs litres; enfin, on a aussi recueilli de la rosée, en exposant pendant la nuit, dans une prairie des bords de la Saüer, de larges plats en terre vernissée.

La rosée la plus riche en acide nitrique a été recueillie sur le trèfle, dans la nuit du 21 au 22 octobre 1857; elle en contenait $1^{\text{millig}},12$ par litre. La moins riche a été celle ramassée dans la nuit du 11 au 12 du même mois, sur le pluviomètre; la proportion était de $0^{\text{millig}},06$ d'acide par litre. Je n'ai pas encore obtenu une rosée exempte de nitrates.

La rosée ne diffère donc pas sensiblement du brouillard, au moins par les proportions d'ammoniaque et d'acide nitrique; l'un et l'autre ont d'ailleurs, au même point de vue, la plus grande analogie avec la pluie quand elle commence à tomber, quand elle est en quelque sorte le premier lavage de l'air. C'est effectivement dans cette eau tombée la première, surtout après une longue sécheresse, qu'il y a le plus d'acide carbonique, de carbonate et de nitrate d'ammoniaque, de ces matières organiques, de ces poussières de toute nature que Bergmann a parfaitement définies en les nommant les immondices de l'atmosphère. A vrai dire, le brouillard, la rosée, ne sont pas autre chose que le commencement d'une pluie, que des particules d'eau résultant de la condensation de la vapeur occasionnée par un abaissement de température, et qui, dans le milieu où elles se sont formées, dis-



solvent ce qu'il y a de soluble, entraînent ce qui s'y trouve en suspension.

Si un jour on entreprend une étude suivie des substances que l'atmosphère ne renferme qu'en infiniment petites quantités, c'est dans le brouillard, dans la rosée, dans les premières gouttes de pluie, dans les premiers flocons de neige, dans la grêle qu'il conviendra d'aller les chercher; c'est en un mot dans les météores aqueux qu'on les rencontrera réunies et concentrées.

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.) (1)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Juillet 1856. 5	Il n'a pas plu depuis le 24 juin; il	1re	0,25	1,00	1,331	1,331
	tombe une pluie continue........	2e	0,25	1,00	1,042	1,042
		3e	3,70	14,80	0,366	4,973
Nuit. 5-6			0,17	0,68	1,664	1,132
Nuit. 7-8	Pluie tombée la nuit...............		2,01	8,05	1,095	8,804
8	Pluie tombée en plusieurs averses....		1,45	5,80	1,328	7,702
Nuit. 9-10	Pluie tombée pendant la nuit........		0,48	1,95	0,496	0,966
10	Averse à 5 heures du soir..........		0,34	1,37	0,715	0,979
Nuit. 10-11	Pluie tombée en plusieurs averses....		3,75	15,00	0,306	4,590
Nuit. 11-12	Pluie tombée en plusieurs averses....		2,32	9,30	0,496	4,612
Nuit. 12-13	Pluie tombée dans la nuit..........		4,26	17,15	0,306	5,248
Nuit. 13-14	Pluie fine pendant la nuit; elle cesse	1re	6,62	26,50	0,175	4,637
	le 14 dans la journée............	2e	5,61	22,45	0,000	0,000
20	Il commence à pleuvoir à 7^h 30^m du	1re	0,25	1,00	2,014	2,014
	matin, il n'a pas plu depuis le 14;	2e	662	26,50	0,146	4,139
	la pluie est continue.............	3e	1,77	7,10	0,000	0,000
Nuit. 20-21	Le ciel étant très-clair le matin, il peut y avoir mélange de rosée.....		1,20	4,80	0,000	0,000
24	Tonnerre au sud dès midi; à 1 heure la pluie tombe en larges gouttes...		0,26	1,07	1,109	1,186
24	Après l'averse il y a eu du soleil; orage à 10 heures du soir par un vent violent du sud-ouest. Le tonnerre tombe à peu de distance du Liebfrauenberg. La pluie est forte et dure peu......		3,65	14,60	0,146	2,131
25	Averse du matin et averse du soir réunies..............................		1,97	7,90	0,233	1,841
Août. 9	Il n'a pas plu depuis le 25 juillet; le					
	temps est lourd, il commence à pleu-	1re	0,25	1,00	3,226	3,226
	voir à 7^h 45^m du soir, sans éclairs	2e	0,25	1,00	1,883	1,883
	ni tonnerre; il pleut très-fort	3e	7,38	29,55	0,204	6,028
10	De 8 à 9 heures du matin, pluie fine, fort vent d'ouest..................		0,25	1,00	0,277	0,277
Nuit. 14-15	Il y a eu dans la journée des orages le long du Rhin, le soir on voit des éclairs. Rosée..................		0,24	0,96	3,431	3,400

(1) La surface du pluviomètre était de 4 mètres carrés.

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Nuit.	17-18	Orage dans la journée aux alentours, tonnerre à minuit; il commence à pleuvoir très-fort. A 1 heure la pluie cesse		4,00	16,02	0,569	9,115
	18	Pluie le matin en deux averses		0,25	1,00	0,686	0,686
	18	La pluie recommence après-midi, puis elle cesse	1re	0,25	1,00	0,350	0,350
			2e	0,25	1,00	0,335	0,335
	19	A 4 heures du soir on entend le tonnerre, la pluie dure peu		0,23	0,94	0,481	0,460
	19	Après 15 minutes d'intervalle il pleut de nouveau		0,06	0,26	0,671	0,170
Nuit.	19-20	Pluie tombée pendant la nuit		0,31	1,25	0,378	0,472
	20	Pluie tombée le matin de $7^h\ 30^m$ à $8^h\ 30^m$	1re	0,25	1,00	0,209	0,209
			2e	0,25	1,00	0,131	0,131
			3e	0,31	1,25	0,102	0,128
	20	Averse à $9^h\ 15^m$		0,25	1,00	0,189	0,189
	20	Deux averses dans la journée, réunies		1,77	7,10	0,175	1,242
Nuit.	20-21	Pluie dans la nuit, le matin le temps est clair		0,66	2,64	0,175	0,462
	21	Orage à $2^h\ 30^m$ du soir, on recueille la dernière pluie, 1 litre qu'on dose pour la 4e prise. Pas de vent, la pluie cesse	1re	0,25	1,00	0,233	0,233
			2e	0,25	1,00	0,175	0,175
			3e	0,25	1,00	0,233	0,233
			4e	0,68	2,74	0,073	0,200
	21	Orage à 4 heures du soir. Vent du nord assez fort. La pluie tombe par torrents, mais ne dure que 45 minutes	1re	7,25	29,00	0,058	1,682
			2e	6,50	26,00	0,058	1,408
			3e	0,25	1,00	0,102	0,102
	21	Après une heure d'intervalle la pluie recommence, il pleut dans la nuit.	1re	3,37	13,50	0,116	1,566
			2e	2,25	9,00	0,087	0,683
	22	Vent d'ouest. Deux averses de la journée réunies		7,25	29,00	0,029	0,841
Nuit.	22-23	Vent d'ouest très-fort. Pluie la nuit.		0,87	3,50	0,048	0,168
	26	Pluie forte de 7 heures à $9^h\ 15^m$ du matin; le vent change beaucoup, puis reste à l'ouest	1re	0,25	1,00	0,160	0,160
			2e	0,25	1,00	0,102	0,102
			3e	0,25	1,00	0,146	0,146
			4e	2,90	11,60	0,131	1,519

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Août. 26	Pluie fine et plusieurs averses. Vent d'ouest..........................		1,23	4,95	0,321	1,588
28	Pluie fine par un vent ouest-sud-ouest très-fort..........................	1re	0,25	1,00	0,209	0,209
		2e	0,25	1,00	0,175	0,175
		3e	0,25	1,00	0,394	0,394
Nuit. 28-29	Il a plu dans la nuit par un vent d'ouest-sud-ouest extrêmement fort........		1,25	5,00	0,306	1,530
Septembre. 1	Orage violent, éclairs et tonnerres sur le Rhin; à l'ouest et au nord-ouest; les trois prises sont reçues en 30 minutes; à 9 heures du soir odeur d'ozone..........................	1re	0,25	1,00	1,095	1,095
		2e	0,25	1,00	0,365	0,365
		3e	0,25	1,00	0,467	0,467
		4e	7,25	29,00	0,160	4,640
		5e	3,95	15,80	0,000	0,000
		6e	1,35	5,42	0.000	0,000
3	Averse à 11 heures du matin. Pas de vent..........................		0,25	1,00	0,073	0,073
3	Averse à 1 heure du soir, sans vent...	1re	0,25	1,00	Traces.	Traces.
Nuit. 3-4		2e	3,32	13,30	0,000	0,000
Nuit. 3-4	Pluie dans la nuit, temps clair le matin..........................		0,88	3,55	0,000	0,000
5	Pluie à 4 heures du matin...........		0,25	1,00	0,657	0,657
7	Temps calme; le soir à $2^h\ 30^m$ tonnerre au loin sur le Rhin. Pluie verticale et continue dans la nuit. Le matin, brouillard..............	1re	0,25	1,00	0,209	0,209
		2e	6,70	26,80	0,146	3,913
		3e	7,70	30,80	0,000	0,000
13	Orage venant du nord, pluie verticale.	1re	0,25	1,00	0,423	0,423
		2e	0,25	1,00	0,467	0,467
		3e	1,70	6,80	0,000	0,000
Nuit. 13-14	Pluie tombée dans la nuit, vent d'est.		7,70	30,80	0,000	0,000
16	Pluie fine à 6 heures du matin, vent d'ouest.		0,25	1,00	0,876	0,876
16	Averse à 2 heures du soir et fin de la pluie précédente................		1,30	5,20	0,160	0,832
Nuit. 16-17	Pluie fine dans la nuit, vent d'ouest...		2,27	9,10	0,209	1,902
18	Pluie fine à 6 heures du matin; elle continue jusque dans la matinée du 19, vent d'ouest................	1re	0,25	1,00	0,584	0,584
		2e	7,25	29,00	0,263	7,627
		3e	0,90	3,60	0,160	0,576

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
				milliim.	litres.	millig.	millig.
Septembre.	21	Pluie fine de 9h 30m à midi, vent d'ouest..........................		0,57	2,30	0,000	0,000
	23	Pluie continue qui dure jusqu'au 24 à 11 heures du matin; vent d'ouest..	1re	7,50	30,00	0,116	0,348
			2e	2,75	11,00	0,000	0,000
			3e	7,50	30,00	0,000	0,000
			4e	1,95	7,80	0,000	0,000
Nuit.	24-25	Pluie tombée dans la nuit par un vent d'ouest violent..................		2,75	11,00	0,160	1,760

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.) (1)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Juill. 1857.	16	Après une longue sécheresse, la pluie commence à 9 heures du soir, à 8 heures on entendait le tonnerre au sud..............................	1re	0,50	0,50	6,234	3,117
			2e	2,10	2,10	0,408	0,857
	22	Quelques gouttes le 17. A 5 heures du soir il commence à pleuvoir, la pluie est lente; il pleut dans la nuit.....	1re	0,50	0,50	0,408	0,204
			2e	2,00	2,00	Traces.	Traces.
Août.	5	Il n'a pas plu depuis le 22 juillet. A 5 heures vent de sud-ouest violent. Nuages de poussière, tonnerre, pluie en larges gouttes mêlées de grêlons. A 5h 20m la pluie cesse............	1re	0,50	0,50	2,087	1,043
			2e	10,25	10,25	0,248	2,542
			3e	4,50	4,50	0,189	0,850
	6	Pluie d'orage de 4 à 6 heures du soir; on entend le tonnerre............	1re	0,50	0,50	1,314	0,657
			2e	6,00	6,00	0,438	2,628
	7	Averse à 11 heures du matin. La deuxième prise mêlée à la pluie d'un orage venu du nord-ouest	1re	0,50	0,50	0,696	0,348
			2e	5,00	5,00	0,116	0,580

(1) La surface du pluviomètre avait 1 mètre carré.

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Août. 10	Plusieurs averses dans la journée, pas de vent.........................		3,00	3,00	Traces.	Traces.
14	7 heures du soir pluie d'un orage dans la vallée du Rhin, vent d'ouest,	1re	0,50	0,50	0,759	0,379
	la pluie cesse dans la nuit.........	2e	4,25	4,25	0,715	3,039
15	Il commence à pleuvoir à 6 heures du	1re	0,50	0,50	1,299	0,649
	soir, la pluie continue jusque dans	2e	30,00	30,00	0,000	0,000
	la matinée du 17...................	3e	11,75	11,75	0,102	1,198
	A minuit du 15 au 16 tonnerre, ainsi	4e	11,00	11,00	0,394	4,333
	que le 16 à 2 heures du soir.......	5e	10,00	10,00	0,102	1,020
		6e	1,60	1,60	Traces.	Traces.
	Tonnerre à 6h 30m du matin, vent d'est, pluie d'orage à 8h 15m; la pluie	1re	0,50	0,50	0,232	0,116
	cesse à 11 heures	2e	3,10	3,10	Traces.	Traces.
Nuit. 19-20	Pluie fine dans la nuit.............		0,82	0,82	0,000	0,000
20	Averse à 10h 30m, vent du nord; la	1re	0,50	0,50	Traces.	Traces.
	pluie ne dure que 15 minutes.......	2e	2,50	2,50	Traces.	Traces.
31	Averse à 8 heures du soir, éclairs à l'horizon à l'ouest................		0,35	0,35	0,408	0,143
Septembre. 2	Tonnerre à 9 heures; à 10 heures du matin averse sans tonnerre; à	1re	0,50	0,50	0,321	0,160
	10h 30m la pluie cesse............	2e	2,25	2,25	0,058	0,130
	Tonnerre à 2h 30m, orage violent à 3 heures du soir, le tonnerre touche à 300 mètres du Liebfrauenberg; à 3h 20m la pluie cesse, odeur d'ozone constatée aussi par le papier Schoenbein		0,75	0,75	0,277	0,207
Nuit. 2-3	Pluie fine pendant la nuit...........		1,45	1,45	0,043	0,062
3	Pas de vent, à 3 heures du soir pluie	1re	0,50	0,50	0,909	0,454
	fine qui cesse pendant la nuit......	2e	7,25	7,25	0,160	1,160
		3e	3,50	3,50	0,073	0,255
5	Averse à 9 heures du soir, la pluie cesse à 9h 45m....................		0,50	0,50	0,365	0,182
6	Averse d'un quart d'heure à 10 heures du matin.........................		0,82	0,82	0,306	0,251

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en milli. mètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Septembre.	6	A 2 heures du soir tonnerre au loin à l'ouest, il a plu de 3 heures à 7^h 30^m	1re	0,50	0,50	0,204	0,102
			2e	4,00	4,00	1,416	5,664
Nuit.	8-9	Éclairs à l'horizon, il a plu de 8 à 11 heures du soir		0,13	0,13	1,197	0,155
	9	Temps clair à 5 heures du matin, averse de 8 heures à 9^h 15^m, temps calme	1re	0,50	0,50	0,496	0,248
			2e	0,68	0,68	0,102	0,069
	9	Journée d'une chaleur lourde, il a plu de 7 à 10 heures du soir; tonnerre et éclairs au loin	1re	0,50	0,50	0,248	0,124
			2e	9,00	9,00	0,073	0,657
	10	Beau temps; à 7 heures du soir violent orage sur le Rhin, éclairs sans interruption, de tous côtés; la deuxième prise reçue en 15 minutes; à 10 heures la pluie cesse	1re	0,50	0,50	1,912	0,956
			2e	12,00	12,00	0,043	0,516
			3e	2,70	2,70	0,058	0,156
	12	A 7 heures du matin, il s'élève un brouillard qui disparaît à 8 heures; il a plu dans l'intervalle		0,18	0,18	0,175	0,030
	12	Pluie de 3 à 3^h, 30^m du soir, tonnerre au sud, orage dans la vallée du Rhin	1re	0,25	0,25	0,335	0,084
			2e	0,37	0,37	0,233	0,086
Nuit.	12-13	Orage et tonnerre au sud, le temps est calme		0,97	0,97	0,134	0,134
	13	A 7 heures du matin brouillard		0,06	0,06	0,642	0,038
	13	Plusieurs averses successives		1,56	1,56	0,175	0,273
Nuit.	14-15	8 heures du soir pluie fine, la pluie cesse dans la nuit, rosée?	1re	0,50	0,50	0,540	0,270
			2e	1,32	1,32	0,375	0,485
Nuit.	24-25	Il pleut de 8 heures du soir à 7 heures du matin; à 11 heures on prend la première prise	1re	0,18	0,18	0,700	0,126
			2e	0,26	0,26	0,365	0,094
	25	Petite pluie à 5 heures du soir		0,07	0,07	3,737	0,261
Nuit.	28-29	Temps chaud et couvert; petite pluie à 10 heures du soir		0,13	0,13	0,743	0,096
Nuit.	28-29	Pluie fine dans la nuit et le 29 dans le jour		2,74	2,74	0,248	0,679

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Octobre. 5 et 5-6	Vent du sud-ouest très-fort, pluie à 2^h 30^m du soir					
	Première prise à 3 heures, deuxième	1re	0,25	0,25	0,511	0,122
	prise à 9 heures du soir, troisième	2e	10,30	10,30	0,233	2,407
	prise le 6 à 7 heures du matin, fin	3e	14,85	14,85	0,073	0,638
	de la pluie à 10 heures	4e	1,19	1,19	0,073	0,087
7	La journée était belle, à 9 heures du soir il pleut jusqu'au 8 à 11 heures du matin ; première prise en 5 mi-	1re	0,25	0,25	0,511	0,122
	nutes, deuxième prise à 7 heures du	2e	13,80	13,80	0,233	3,215
	matin, à 11 heures troisième prise	3e	2,70	2,70	0,189	0,510
9	Averse de 8 à 9 heures du matin		2,80	2,80	0,219	0,613
9	A 2 heures il commence à pleuvoir, vent d'ouest très-fort, pluie faible mais continue; le 10 au matin elle	1re	3,75	3,75	1,182	4,432
	cesse	2e	0,36	0,36	5,475	2,971
10	Pluie fine de 8 heures du matin à 6 heures du soir	3e	3,00	3,00	0,817	2,451
21	Brouillard à 6 heures du soir; à 9 heures du soir il commence à pleuvoir; à 10 heures reçu le nº 1, le 22 à	1re	0,41	0,41	0,908	0,372
	7 heures du matin nº 2, à 2 heures	2e	8,75	8,75	0,221	1,933
	du soir la pluie cesse nº 3.	3e	4,10	4,10	0,185	0,758
26	A 7 heures du soir, pluie et brouillard mêlés, pluie fine qui cesse le 27 à	1re	8,00	8,00	0,390	3,120
	11 heures du matin	2e	1,25	1,25	0,395	0,494
29	A 6 heures du soir éclairs au sud-ouest, temps couvert pendant la journée; à 8 heures on entend le tonnerre, il commence à pleuvoir; à 10 heures la	1re	0,50	0,50	0,545	0,272
	pluie cesse, nº 1 reçu en 20 minutes.	2e	4,00	4,00	0,209	0,836
Nuit. 30-31	Le soir temps très-clair; averse à 11^h 30^m du soir; le matin le temps est de nouveau clair		3,85	3,85	0,116	0,446
Novembre. 2-3	Pluie tombée le 2 novembre au soir, la pluie continue pendant la nuit		0,50	0,50	0,208	0,104

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Novembre.	3	Pluie tombée le soir..................		0,30	0,30	0,599	0,179
	23	Il n'a pas plu depuis le 3 novembre; après midi il commence à pleuvoir.		0,43	0,43	0,268	0,115
	23	Il cesse de pleuvoir, la pluie reprend le soir.........................		0,41	0,41	0,107	0,044
	25	Il pleut le matin, la pluie ne dure pas.		0,40	0,40	0,259	0,103
	25	La pluie reprend le soir, mais cesse bientôt............................		0,43	0,43	0,209	0,090
	27	Le temps est couvert et froid, il pleut dans la matinée................		0,40	0,40	0,458	0,183

NEIGE 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS	NEIGE tombée en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Novembre.	27	La pluie a cessé dans la matinée, le soir il commence à neiger......	0,42	0,42	0,448	0,188
	28	Le 28 au matin on a encore reçu la neige tombée pendant la nuit....	6,00	6,00	0,423	2,538

BROUILLARDS 1857. (Liebfrauenberg.)

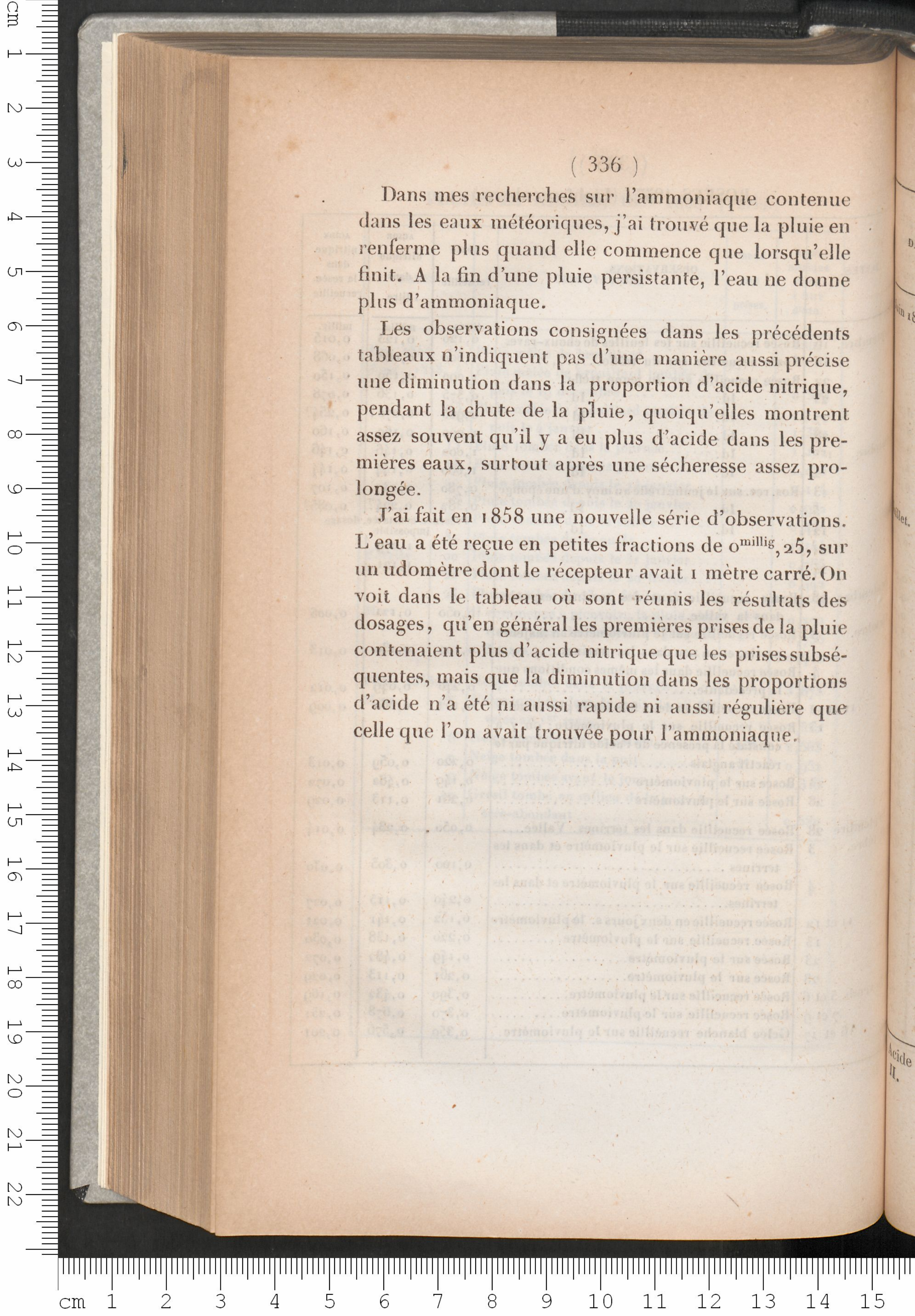
DATES.		OBSERVATIONS.	BROUILLARD tombé en millimètres.	EAU REÇUE dans le récipient	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.
			millim.	litres.	millig.	millig.
Octobre.	25	Brouillard le matin..................	0,08	0,08	0,390	0,031
	26	Brouillard pendant la nuit..........	0,60	0,60	1,191	0,716
	28	Brouillard de 7 à 9h 30m du soir....	0,63	0,63	0,722	0,455
Nov.	7 et 18	Brouillard...........................	0,17	0,17	0,959	0,163
	25	Brouillard sur le trèfle.............			1,080	
	26	Brouillard sur le trèfle.,............			1,825	
Décembre.	19	Brouillard tombé à Paris..............	0,027	0,027	10,108	0,273

PLUIES ET NEIGES, 1857-1858. (Paris.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.
				millig.
Déc. 1857.	19	Pluie mêlée de brouillard..........		1,004
Janv. 1858.	4	Pluie mêlée de brouillard tombée depuis le 19 décembre.....		0,366
	13	Pluie mêlée de brouillard tombée depuis le 4 janvier................		1,362
	13	Pluie tombée dans la journée........		1,102
	14	Pluie tombée dans la journée........		1,053
	20	Pluie tombée depuis le 14 janvier....		2,114
	25	Pluie tombée depuis le 20 janvier...		0,952
	30	Pluie tombée dans la soirée.........		0,444
	31	Pluie tombée du 30 au 31...........		1,144
Février.	20	Pluie tombée depuis le 31 janvier....		0,765
	23	Pluie tombée depuis le 20 février....		0,442
	24	Pluie tombée du 23-24 février.......		0,678
Mars.	2	Il commence à pleuvoir; la pluie continue sans interruption jusqu'au 3 mars..........................	1re 2e 3e	0,272 0,756 0,423
Févr. 1858.	27	Neige tombée dans la journée......		3,873
Mars.	1er	Neige tombée dans la nuit du 28 février au 1er mars................		1,552
	6	Neige tombée dans la soirée.........	1re	2,563
	7	Neige tombée dans la nuit..........	2e	0,952
	9	Neige tombée avant le jour.........		0,316
	10	Grésil tombé au milieu de la journée, très-abondant.....................		0,580

ROSÉES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.		OBSERVATIONS.	ROSÉE recueillie.	ACIDE nitrique dans 1 litre.	ACIDE nitrique dans la rosée recueillie.
			litres.	millig.	millig.
Septembre.	16	Rosée recueillie sur les feuilles de choux-raves.	0,120	0,123	0,015
	18	Rosée recueillie sur du trèfle..............	1,000	0,068	0,068
	22	Rosée recueillie sur du jeune trèfle........	1,000	0,150	0,150
	23	Id. Id.	0,575	0,136	0,078
	27	Id. Id.	0,925	0,270?	0,254?
	28	Id. Id.	1,000	0,160	0,160
Octobre.	1er	Id. Id.	1,000	0,146	0,146
	2	Id. Id.	1,000	0,144	0,144
	3	Ros. rec. sur le jeune trèfle au moy. d'une éponge	0,780	0,137	0,107
	5	Id. Id.	0,382	0,224?	0,085?
	12	Id. Id.	Présence constatée, dosage impossible.		
	21			1,079	
	24			1,121	
Septembre.	28	Rosée recueillie dans des terrines exposées dans la vallée..........................	0,050	0,121	0,006
Octobre.	3	Rosée recueillie sur le pluviomètre en majeure partie, et un peu dans les terrines.........	0,100	0,130	0,013
	4	Rosée recueillie dans les mêmes conditions que la précédente..........................	0,240	0,049	0,012
	11 et 12	Rosée recueillie en deux fois sur le pluviomètre	0,152	0,060	0,009
	15	Rosée recueillie sur le pluviomètre; on y a constaté la présence de l'acide nitrique par le réactif anglais........................	0,220	0,059	0,013
	23	Rosée sur le pluviomètre	0,149	0,482	0,072
	28	Rosée sur le pluviomètre	0,261	0,113	0,029
Septembre	28	Rosée recueillie dans les terrines. Vallée.....	0,050	0,284	0,014
Octobre.	3	Rosée recueillie sur le pluviomètre et dans les terrines..............................	0,100	0,305	0,030
	4	Rosée recueillie sur le pluviomètre et dans les terrines..............................	0,240	0,115	0,027
	11 et 12	Rosée recueillie en deux jours s. le pluviomètre	0,152	0,141	0,021
	15	Rosée recueillie sur le pluviomètre..........	0,220	0,138	0,030
	23	Rosée sur le pluviomètre..................	0,149	0,482	0,072
	28	Rosée sur le pluviomètre..................	0,261	0,113	0,029
Novemb.	5 et 6	Rosée recueillie sur le pluviomètre..........	0,390	0,432	0,169
	7 et 9	Rosée recueillie sur le pluviomètre....	0,370	0,678	0,251
	16 et 17	Gelée blanche recueillie sur le pluviomètre..	0,350	0,576	0,201



Dans mes recherches sur l'ammoniaque contenue dans les eaux météoriques, j'ai trouvé que la pluie en renferme plus quand elle commence que lorsqu'elle finit. A la fin d'une pluie persistante, l'eau ne donne plus d'ammoniaque.

Les observations consignées dans les précédents tableaux n'indiquent pas d'une manière aussi précise une diminution dans la proportion d'acide nitrique, pendant la chute de la pluie, quoiqu'elles montrent assez souvent qu'il y a eu plus d'acide dans les premières eaux, surtout après une sécheresse assez prolongée.

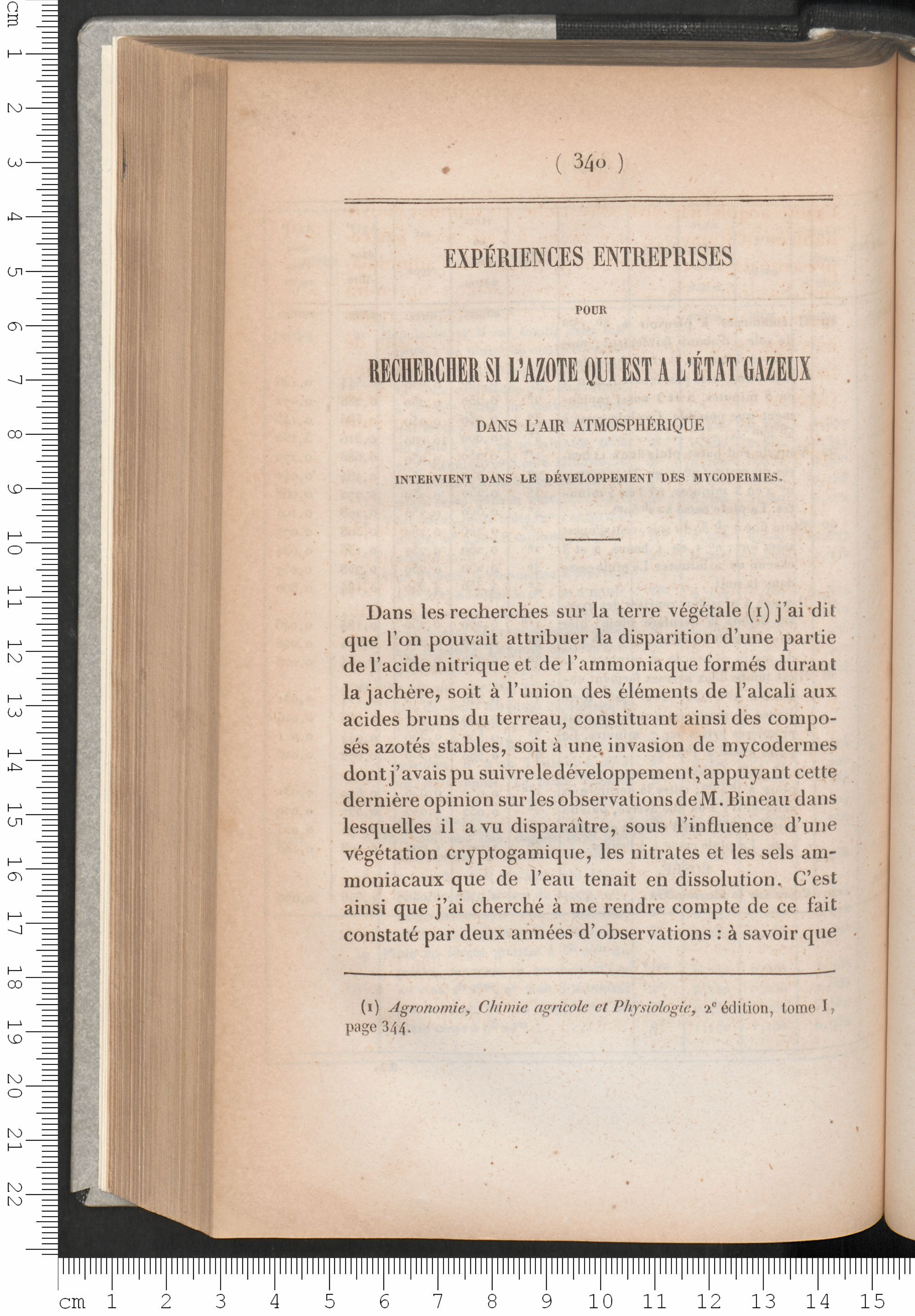
J'ai fait en 1858 une nouvelle série d'observations. L'eau a été reçue en petites fractions de $0^{\text{millig}},25$, sur un udomètre dont le récepteur avait 1 mètre carré. On voit dans le tableau où sont réunis les résultats des dosages, qu'en général les premières prises de la pluie contenaient plus d'acide nitrique que les prises subséquentes, mais que la diminution dans les proportions d'acide n'a été ni aussi rapide ni aussi régulière que celle que l'on avait trouvée pour l'ammoniaque.

DATES.		OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimètres.	EAU reçue.	AzO^5 (1) dans 1 litre.	AzO^5 dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Juin 1858.	27	Le temps a été très-sec depuis fort longtemps. A dater du 15 juin il y avait tous les jours des orages dans la vallée du Rhin, il est tombé en trois fois à parties égales $2^{lit},075$ d'eau, du 17 au 25 juin..........					
	27	La pluie commence à $9^h 30^m$ du matin, la première en 15 minutes, la deuxième en 5 minutes, la troisième en 5 minutes, vent d'ouest. La pluie cesse dans la journée...........	1re	0,250	0,250	1,473	0,368
			2e	0,250	0,250	0,738	0,184
			3e	0,250	0,250	1,004	0,251
			4e	0,782	0,782	0,937	0,733
Juillet.	5	Pluie faible par un vent d'ouest peu fort; elle commence à $5^h 15^m$ du soir, et cesse à $8^h 15^m$: nº 1 en 1 heure, nº 2 en 30 minutes, nº 3 en $1^h 30^m$................	1re	0,250	0,250	0,772	0,193
			2e	0,250	0,250	0,276	0,069
			3e	0,205	0,205	0,109	0,022
	6-7	Vent d'ouest, pluie continue; elle commence à $7^h 30^m$ du soir : nº 1 en 20 minutes, nº 2 en 15 minutes, nº 3 en 6 minutes. La pluie est continue avec des intensités différentes: elle cesse le 7 à $9^h 30^m$ du matin....	1re	0,250	0,250	2,028	0,507
			2e	0,250	0,250	0,936	0,234
			3e	0,250	0,250	0,544	0,136
			4e	11,500	11,500	0,164	1,886
	6	La pluie commence à 8 heures du matin, elle tombe goutte à goutte. On a reçu le nº 1 à 1 heure, alors la pluie tombe plus fort, le nº 2 en 5 minutes, le nº 3 de même. A 3 heures la pluie cesse, vent d'ouest........	1re	0,250	0,250	1,488	0,372
			2e	0,250	0,250	0,324	0,081
			3e	0,250	0,250	0,316	0,079
			4e	4,600	4,600	0,170	0,782
	10	Il a plu dans la nuit, fort vent d'ouest. La pluie commence à 9 heures du matin, il pleut pendant 15 minutes; les trois premiers numéros sont reçus en 6 minutes................	1re	0,250	0,250	0,152	0,038
			2e	0,250	0,250	0,080	0,020
			3e	0,250	0,250	0,144	0,036
			4e	0,330	0,330	0,056	0,018
	12	Il a plu un peu hier; il a fait toute la journée du 11 et dans la nuit un vent d'ouest très-fort; il commence à pleuvoir à $7^h 45^m$ du matin. On reçoit les trois numéros en 10 minutes; la pluie cesse à $9^h 45^m$.........	1re	0,250	0,250	0,148	0,037
			2e	0,250	0,250	0,012	0,003
			3e	0,250	0,250	0,120	0,030
			4e	4,500	4,500	0,003	1,003

(1) Acide nitrique.

DATES.		OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimètres.	EAU reçue.	AzO^5 dans 1 litre.	AzO^5 dans l'eau reçue.
				millim.	litres	millig.	millig.
Juillet	21	Depuis le 12 il est tombé deux fois $0^{mm},1$ de pluie; ce matin il en est tombé $0^{mm},3$; le temps s'est éclairci. La pluie commence très-doucement à $3^h\ 20^m$ après un vent sud-ouest qui cesse avec les premières gouttes de pluie : n° 1 en 20 minutes, n° 2 en 5 minutes, n° 3 en 5 minutes, le n° 4 est pris à 10 heures du soir. La pluie cesse dans la nuit........	1re	0,250	0,250	0,872	0,218
			2e	0,250	0,250	0,344	0,086
			3e	0,250	0,250	0,308	0,077
			4e	8,000	8,000	0,188	1,504
			5e	2,700	2,700	0,072	0,194
	24	Vent ouest, pluie lente, n° 1 en 40 minutes, n° 2 en 18 minutes, la pluie cesse à midi..................	1re	0,250	0,250	0,677	0,169
			2e	0,220	0,220	0,232	0,058
	24	Vent d'ouest, il commence à pleuvoir à $1^h\ 30^m$; on reçoit le n° 1 en 8 minutes, le n° 2 en 5 minutes, les autres numéros tombent trop rapidement pour qu'on puisse mesurer le temps. La pluie cesse le soir à 8 heures.........................	1re	0,250	0,250	0,332	0,083
			2e	0,250	0,250	0,112	0,028
			3e	0,250	0,250	0,080	0,020
			4e	12,000	12,000	0,440	5,280
			5e	10,600	10,600	0,024	0,254
	28	Il a plu un peu hier et dans la nuit, pas de vent. La pluie commence à tomber à $5^h\ 40^m$, pluie fine, tombée pendant le brouillard : n° 1 en 30 minutes, n° 2 en 5 minutes, n° 3 en 10 minutes. La pluie cesse à $12^h\ 30^m$, le n° 5 est la dernière pluie tombée....................	1re	0,250	0,250	0,404	0,101
			2e	0,250	0,250	0,220	0,055
			3e	0,250	0,250	0,168	0,042
			4e	6,500	6,500	0,324	2,106
			5e	0,230	0,230	0,056	0,013
Août.	8	Il a plu une fois depuis le 28 juillet; averse à $11^h\ 15^m$ du soir..	unique	0,166	0,166	2,458	0,308
	15	Vent nord-ouest; il n'a pas plu depuis le 8. Pluie à 7 heures du matin : n° 1 en 45 minutes, n° 2 en 30 minutes, n° 3 en 15 minutes, la pluie cesse.	1re	0,250	0,250	2,424	0,606
			2e	0,250	0,250	1,012	0,253
			3e	0,250	0,250	0,592	0,148
	19	Pluie en larges gouttes à $5^h\ 20^m$ du matin, tonnerre au nord-ouest : le n° 1 en $1^h\ 25^m$, n° 2 en 3 minutes, pas de vent, n° 3 en 2 minutes. La pluie cesse à $9^h\ 20^m$..............	1re	0,250	0,250	3,488	0,872
			2e	0,250	0,250	1,688	0,422
			3e	0,250	0,250	1,580	0,395
			4e	1,150	1,150	0,932	0,233

DATES.		OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimètres.	EAU reçue.	AzO^5 dans 1 litre.	AzO^5 dans l'eau reçue.
				millim.	litres.	millig.	millig.
Août.	19	Il commence à pleuvoir à $3^h\ 15^m$ du soir, d'abord faiblement, puis très-rapidement. Il a fait chaud dans la journée, mais pas de soleil. Le nº 1 en 5 minutes, 2 et 3 aussi rapidement que possible. La pluie cesse à $5^h\ 30^m$........	1re	0,250	0,250	0,544	0,136
			2e	0,250	0,250	0,288	0,072
			3e	0,250	0,250	0,580	0,145
			4e	10,000	10,000	0,316	3,160
	20	Vent du sud-ouest, pluie fine à 11 heures du matin : nº 1 en 30 minutes, nº 2 en 3 minutes, nº 3 en 4 minutes. La pluie cesse à $11^h\ 50^m$.......	1re	0,250	0,250	0,688	0,172
			2e	0,250	0,250	0,164	0,041
			3e	0,250	0,250	0,272	0,068
			4e	0,500	0,250	0,208	0,104
	20	Pluie fine à 7^h 30 du soir, vent d'ouest assez fort : nº 1 en 1 heure, 2 et 3 chacun en 20 minutes. La pluie cesse dans la nuit.....................	1re	0,250	0,250	0,308	0,077
			2e	0,250	0,250	0,136	0,034
			3e	0,250	0,250	0,228	0,057
			4e	4,350	4,350	0,184	0,800
	26	Il y a eu à plusieurs reprises des averses depuis la dernière pluie; hier dans la nuit et ce matin à $10^h\ 45^m$ du matin averse de 10 minutes....	1re	0,250	0,250	0,184	0,046
			2e	0,250	0,250	0,112	0,028
			3e	0,250	0,250	0,104	0,026
	26	Il est tombé deux averses formant ensemble $1^{lit.}$ 250; à $1^h\ 40^m$ forte averse du nord : on a reçu les trois premières prises en 7 minutes. La pluie cesse à $2^h\ 15^m$..........	1re	0,250	0,250	0,124	0,031
			2e	0,250	0,250	0,056	0,014
			3e	0,250	0,250	0,044	0,011
			4e	0,580	0,580	0,072	0,016
	26	A $3^h\ 40^m$ tonnerre au nord-ouest, pluie à $3^h 45^m$; entre la dernière et celle-ci il y a eu une averse, puis du soleil : nºs 1, 2 et 3 chacun en 1 minute. La pluie cesse à 4 heures....	1re	0,050	0,050	0,620	0,031
			2e	0,052	0,052	0,557	0,029
			3e	0,250	0,250	0,092	0,023
			4e	1,000	1,000	0,108	0,108
		ROSÉE.					
Août.	20	Rosée sur le pluviomètre...........		0,0467	0,0467	1,626	0,076



EXPÉRIENCES ENTREPRISES

POUR

RECHERCHER SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX

DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

INTERVIENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DES MYCODERMES.

Dans les recherches sur la terre végétale (1) j'ai dit que l'on pouvait attribuer la disparition d'une partie de l'acide nitrique et de l'ammoniaque formés durant la jachère, soit à l'union des éléments de l'alcali aux acides bruns du terreau, constituant ainsi des composés azotés stables, soit à une invasion de mycodermes dont j'avais pu suivre le développement, appuyant cette dernière opinion sur les observations de M. Bineau dans lesquelles il a vu disparaître, sous l'influence d'une végétation cryptogamique, les nitrates et les sels ammoniacaux que de l'eau tenait en dissolution. C'est ainsi que j'ai cherché à me rendre compte de ce fait constaté par deux années d'observations : à savoir que

(1) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édition, tome I, page 344.

l'azote acquis par une terre riche en humus, convenablement humectée et exposée à l'air, n'est pas représenté par l'azote de l'acide nitrique et de l'ammoniaque développés dans ces conditions. On comprendra néanmoins que j'aie dû me demander si les mycodermes eux-mêmes n'étaient pas doués de la faculté de fixer directement l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère, et l'on verra par la date des expériences dont je vais rendre compte, que déjà mon opinion était suffisamment arrêtée sur cette question.

EXPÉRIENCE PREMIÈRE.

Le 27 mai 1860 j'ai coagulé du lait à l'aide de l'acide acétique. J'ai laissé déposer le caséum; quand le petit-lait fut devenu à peu près limpide, je le filtrai. J'obtins alors un liquide parfaitement homogène, d'un jaune verdâtre, et qui, grâce à l'acidité qu'il possédait, contenait tout ce qui est indispensable à la végétation, c'est-à-dire de l'albumine comme engrais azoté ; des phosphates, de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer et de l'eau; en un mot, de l'azote assimilable et les substances minérales sans lesquelles la production végétale est incomplète, si elle n'est pas impossible, ainsi qu'on le sait depuis longtemps. Le liquide que j'avais préparé constituait donc réellement un milieu fertile, apte à recevoir et à nourrir les semences mycodermiques dont l'air est le véhicule, ainsi que l'a surtout établi M. Pasteur, dans cette admirable série de recherches que je range parmi les plus belles qu'on ait faites en physiologie végétale depuis le commencement du siècle.

J'ai mis dans une capsule de porcelaine 50 centimètres cubes de sérum du lait, A, auxquels j'ajoutai, pour retenir l'ammoniaque des sels ammoniacaux volatils qui pouvaient s'y trouver, $0^{gr},1$ d'acide oxalique cristallisé contenant $0^{gr},067$ d'acide sec. Les 50 centimètres cubes de liquide furent évaporés au bain-marie, et le résidu d'un brun clair, cristallin, ayant l'aspect du sucre de lait brut, fut desséché dans une étuve chauffée à 100 degrés.

B, 50 centimètres cubes du même sérum furent introduits dans un matras qu'on laissa ouvert et que l'on plaça dans une chambre du laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, le 27 mai.

Quelques jours après, le liquide abandonné à l'air libre perdit sa transparence ; il était ensemencé et tous les phénomènes si bien décrits par M. Pasteur ne tardèrent pas à se manifester. Il se dégageait très-peu de gaz ; on vit apparaître à la surface du liquide d'abondantes moisissures, des granules sphériques se déposèrent au fond du vase, et le 25 juin, alors qu'il s'était formé des penicilliums en abondance, d'un vert sale et recouverts d'une sorte de poussière d'une odeur de moisi très-caractérisée, l'on mit fin à l'expérience.

Le liquide était devenu visqueux, lactescent, nauséabond, d'une réaction alcaline. On le versa dans une capsule de porcelaine, et après y avoir dissous, pour retenir l'ammoniaque, $0^{gr},1$ d'acide oxalique cristallisé contenant $0^{gr},067$ d'acide sec, on l'évapora au bain-marie; le résidu fut desséché dans l'étuve chauffée à 100 degrés.

J'ai pesé les deux résidus secs, A et B, et j'en ai dosé l'azote (1) :

A, avant la végét. mycodermique (2)	3gr,046,	cont. azote	0gr,0556
B, après la végét. mycodermique..	1,074,	— —	0,0496
Perte en mat. gazeuses et volatiles..	1,972.	Diff. en azote	0,0060

Ainsi, par l'effet du développement de la végétation mycodermique, en un mois, près des deux tiers de la matière organique des 50 centimètres cubes de sérum du lait avaient disparu, et il y avait eu élimination de 0gr, 006 d'azote.

Cette expérience ne me satisfaisait pas complétement. Vers la fin, le liquide visqueux et moisi avait une réaction alcaline, et l'odeur nauséabonde qui le caractérisait devait faire craindre qu'il n'y ait eu de l'azote dissipé à l'état d'ammoniaque; j'ai cru nécessaire de la recommencer à la campagne, en prenant la précaution de ne pas laisser développer dans les liquides la réaction alcaline.

---

(1) Dosage de l'azote par la chaux sodée. Acide sulfurique équivalent à azote, 0gr,05833.

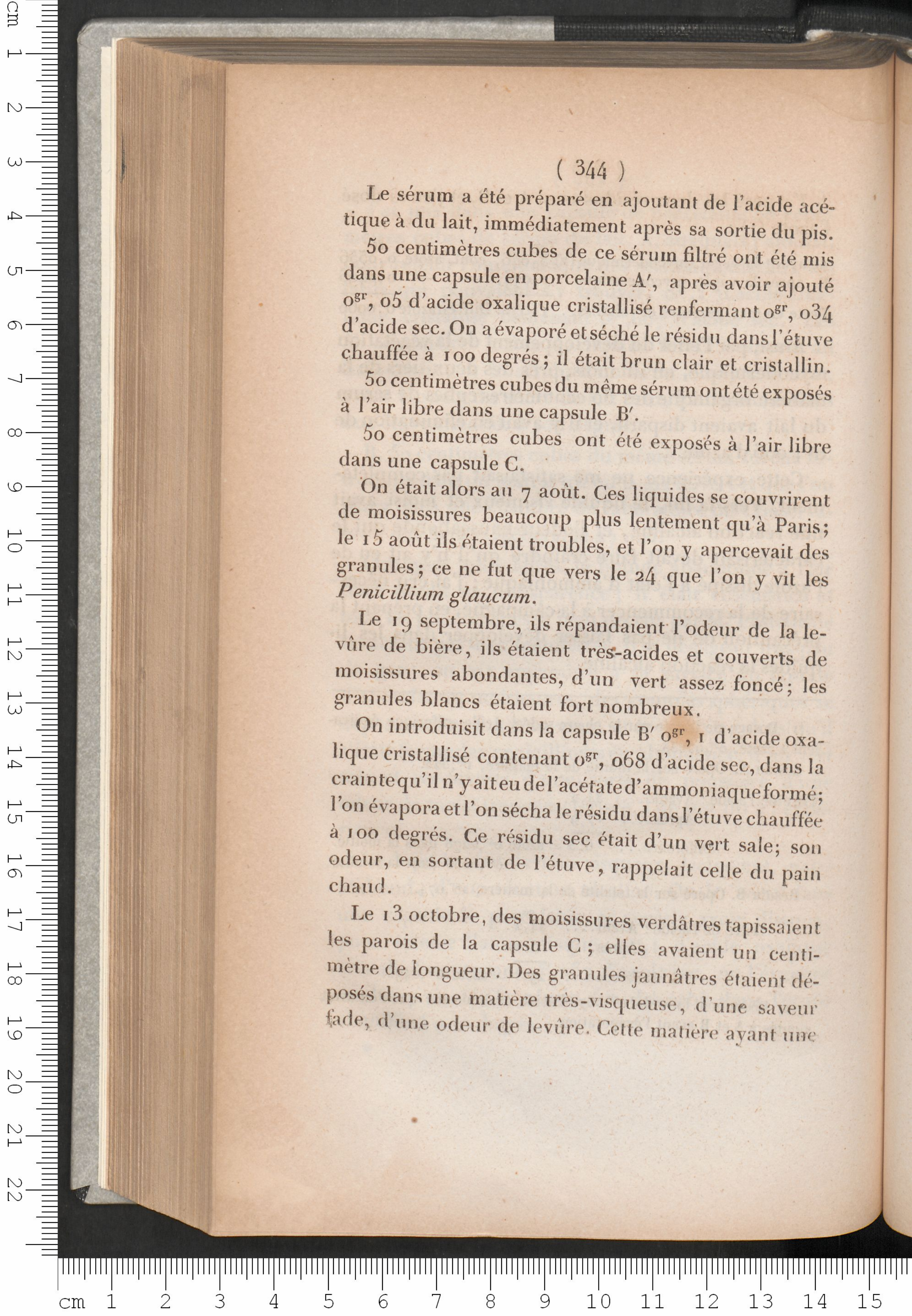
Résidu A. Opéré sur la moitié de la matière, 1gr,523.

Titre de l'acide : Avant.... 34cc,2
Après.... 17,9
Différence... 6,3 = azote 0gr,0278 dans la moitié.
0gr,0556 dans la totalité.

Résidu B. Opéré sur la totalité de la matière, 1gr,074.

Titre de l'acide : Avant.... 34cc,2
Après.... 5,1
Différence... 29,1 = azote 0gr,0496.

(2) Déduction faite de 0gr,067 d'acide oxalique sec que l'on avait ajoutés à A et B avant l'évaporation.



Le sérum a été préparé en ajoutant de l'acide acétique à du lait, immédiatement après sa sortie du pis.

50 centimètres cubes de ce sérum filtré ont été mis dans une capsule en porcelaine A', après avoir ajouté $0^{gr},05$ d'acide oxalique cristallisé renfermant $0^{gr},034$ d'acide sec. On a évaporé et séché le résidu dans l'étuve chauffée à 100 degrés; il était brun clair et cristallin.

50 centimètres cubes du même sérum ont été exposés à l'air libre dans une capsule B'.

50 centimètres cubes ont été exposés à l'air libre dans une capsule C.

On était alors au 7 août. Ces liquides se couvrirent de moisissures beaucoup plus lentement qu'à Paris; le 15 août ils étaient troubles, et l'on y apercevait des granules; ce ne fut que vers le 24 que l'on y vit les *Penicillium glaucum*.

Le 19 septembre, ils répandaient l'odeur de la levûre de bière, ils étaient très-acides et couverts de moisissures abondantes, d'un vert assez foncé; les granules blancs étaient fort nombreux.

On introduisit dans la capsule B' $0^{gr},1$ d'acide oxalique cristallisé contenant $0^{gr},068$ d'acide sec, dans la crainte qu'il n'y ait eu de l'acétate d'ammoniaque formé; l'on évapora et l'on sécha le résidu dans l'étuve chauffée à 100 degrés. Ce résidu sec était d'un vert sale; son odeur, en sortant de l'étuve, rappelait celle du pain chaud.

Le 13 octobre, des moisissures verdâtres tapissaient les parois de la capsule C; elles avaient un centimètre de longueur. Des granules jaunâtres étaient déposés dans une matière très-visqueuse, d'une saveur fade, d'une odeur de levûre. Cette matière ayant une

réaction alcaline extrêmement faible, on jugea prudent de la dessécher à l'étuve après y avoir délayé o^gr, 1 d'acide oxalique cristallisé réduit en poudre, dans lequel il entrait o^gr, 068 d'acide sec. Le résidu, desséché et chaud, répandait aussi l'odeur du pain à la sortie du four.

Les trois résidus secs ont été pesés et soumis à l'analyse pour en doser l'azote (1). Voici les résultats :

A' avant la végét. mycodermique.	3,763 gr (2)	cont. azote	0,0532 gr
B' après 42 jours de végétation..	2,390	— —	0,0522
Perte en mat. gazeuses et volat..	2,373.	Diff. en azote	0,0010
C après 66 jours de végétation..	1,232		0,0483
Différence avec le résidu A', perte en matières gazeuses et volat..	2,531	Diff. en azote	0,0049

(1) Dosage de l'azote par la chaux sodée. Acide sulfurique équivalent à azote, o^gr,875.

Résidu A', pesant 3^gr,763. Opéré sur le $\frac{1}{3}$ = 1^gr,2543.

Titre de l'acide : Avant.... 32,1 cc
Après.... 25,6
Différence... 6,5 = azote o^gr,0177
Dans la totalité......... o^gr,0531

Résidu B', pesant 2^gr,390. Opéré sur la totalité.

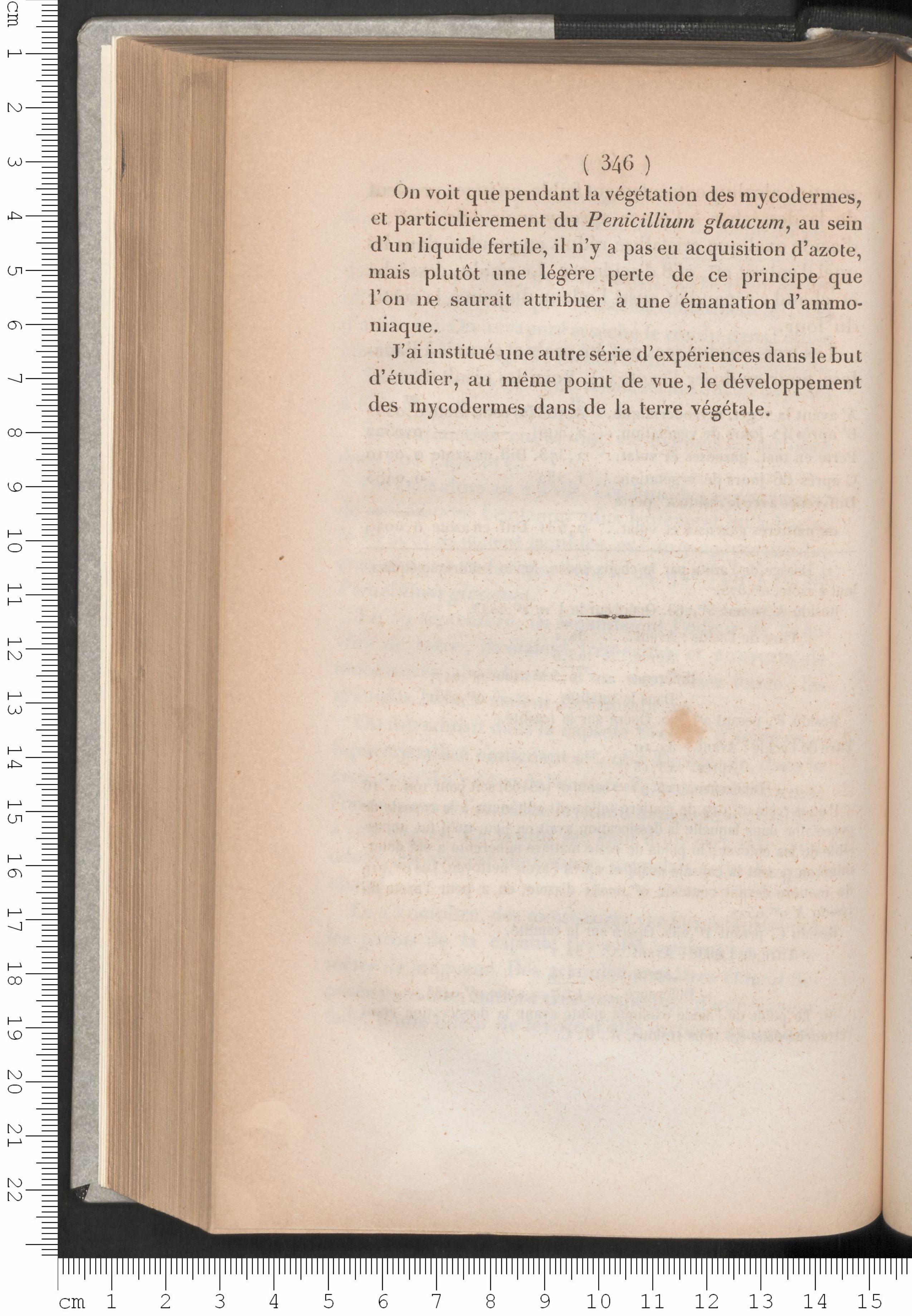
Titre de l'acide : Avant. 32,10 cc
Après. 13,15
Différence. 18,95 = azote o^gr,05165, soit pour 100 2,16

Il était resté o^gr,019 de matière tellement adhérente à la capsule de porcelaine dans laquelle la dessiccation avait eu lieu, qu'il fut impossible de les enlever; le poids de cette matière adhérente a été déterminé en pesant la capsule avant et après l'avoir nettoyée. Les o^gr,019 de matière devant contenir o^gr,00041 d'azote, on a pour l'azote du résidu A' o^gr,0522.

Résidu C, pesant 1^gr,232. Opéré sur la totalité.

Titre de l'acide : Avant.... 32,1
Après.... 14,4
Différence... 17,7 = azote o^gr,0483.

(2) Le poids de l'acide oxalique ajouté avant la dessiccation étant retranché dans les trois résidus, A', B', C.



On voit que pendant la végétation des mycodermes, et particulièrement du *Penicillium glaucum*, au sein d'un liquide fertile, il n'y a pas eu acquisition d'azote, mais plutôt une légère perte de ce principe que l'on ne saurait attribuer à une émanation d'ammoniaque.

J'ai institué une autre série d'expériences dans le but d'étudier, au même point de vue, le développement des mycodermes dans de la terre végétale.

RECHERCHES ENTREPRISES EN ANGLETERRE

POUR DÉCIDER

SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX

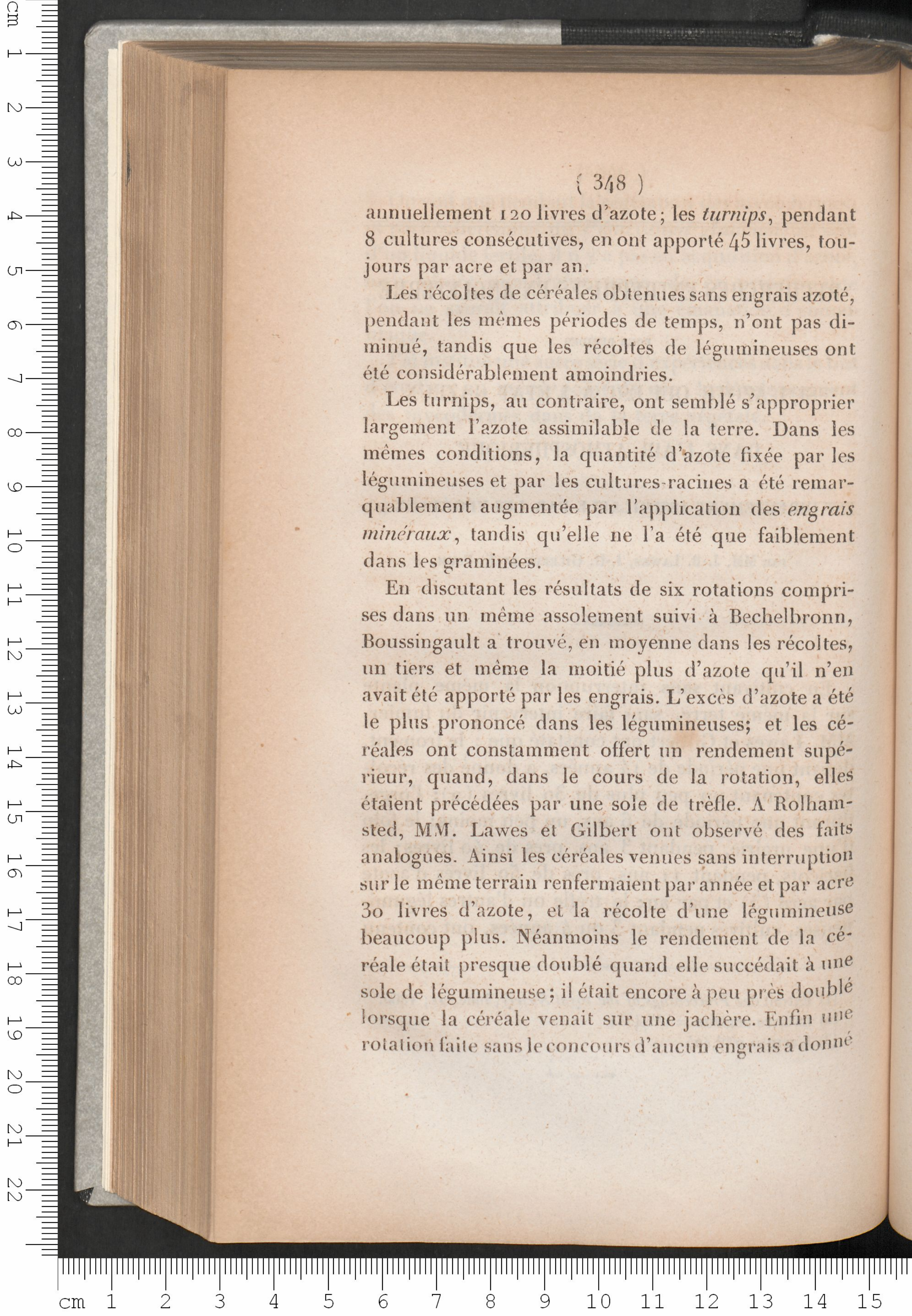
DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

EST DIRECTEMENT ASSIMILABLE PAR LES VÉGÉTAUX (1),

PAR MM. J.-B. LAWES, J.-H. GILBERT ET E. PUGH.

En cultivant sans interruption la même plante sur la même terre, sans faire intervenir du fumier, MM. Lawes et Gilbert ont constaté que : le froment, durant une période de 14 années, a donné des récoltes contenant un peu plus de 30 livres (2); l'orge, durant une période de 6 ans, un peu moins; le foin d'une prairie, pendant 3 ans, près de 40 livres; les haricots, pendant 11 ans, près de 50 livres d'azote par acre (3) et par an; le trèfle ou d'autres légumineuses, cultivés pendant 3 ou 4 années, ont contenu

(1) Extrait des *Proceedings of the royal Society*, June, 21; 1860.
(2) La livre anglaise = $0^{kil},4534$.
(3) L'acre = $0^{hect},405$.



annuellement 120 livres d'azote; les *turnips*, pendant 8 cultures consécutives, en ont apporté 45 livres, toujours par acre et par an.

Les récoltes de céréales obtenues sans engrais azoté, pendant les mêmes périodes de temps, n'ont pas diminué, tandis que les récoltes de légumineuses ont été considérablement amoindries.

Les turnips, au contraire, ont semblé s'approprier largement l'azote assimilable de la terre. Dans les mêmes conditions, la quantité d'azote fixée par les légumineuses et par les cultures-racines a été remarquablement augmentée par l'application des *engrais minéraux*, tandis qu'elle ne l'a été que faiblement dans les graminées.

En discutant les résultats de six rotations comprises dans un même assolement suivi à Bechelbronn, Boussingault a trouvé, en moyenne dans les récoltes, un tiers et même la moitié plus d'azote qu'il n'en avait été apporté par les engrais. L'excès d'azote a été le plus prononcé dans les légumineuses; et les céréales ont constamment offert un rendement supérieur, quand, dans le cours de la rotation, elles étaient précédées par une sole de trèfle. A Rolhamsted, MM. Lawes et Gilbert ont observé des faits analogues. Ainsi les céréales venues sans interruption sur le même terrain renfermaient par année et par acre 30 livres d'azote, et la récolte d'une légumineuse beaucoup plus. Néanmoins le rendement de la céréale était presque doublé quand elle succédait à une sole de légumineuse; il était encore à peu près doublé lorsque la céréale venait sur une jachère. Enfin une rotation faite sans le concours d'aucun engrais a donné

des récoltes dans lesquelles il y avait à peu près deux fois autant d'azote que dans une culture consécutive de céréales.

Cependant les engrais azotés ordinaires ont été peu avantageux et souvent nuisibles aux légumineuses. D'un autre côté, les céréales, dont la teneur en azote est comparativement beaucoup plus faible, ont acquis un développement considérable par l'application des mêmes engrais azotés, et cela soit qu'elles succédassent à une récolte de légumineuses très-riche en azote, ou à une jachère. Toutefois, quand on a fait usage d'engrais azotés pour accroître le rendement des céréales, l'azote de l'excédant de produit s'élevait à peine à 40 pour 100 de celui qu'on avait introduit par la fumure, et la seconde année, dans l'excédant de produit, on ne retrouvait guère plus que le $\frac{1}{10}$ de l'azote qui était resté inactif durant la première année. On est arrivé aux mêmes conséquences pour la récolte de la prairie, dans laquelle on a constaté une quantité d'azote dépassant à peine celle qui faisait partie de l'engrais. La proportion d'azote récupérée par les récoltes paraît être moindre pour les légumineuses que pour les cultures-racines. On a donné plusieurs explications vraisemblables de cette perte réelle ou apparente de l'azote apportée par les engrais. A cette occasion diverses questions ont été posées :

Quelle est l'origine de l'azote fourni par les récoltes en sus de celui attribuable aux engrais dont le sol a été pourvu ?

On peut citer parmi les sources certaines ou présumables de cet élément, quelques principes minéraux de la terre ; les composés azotés répandus dans l'at-

mosphère et amenés par les eaux météoriques, ou accumulés dans le sol par d'autres influences, ou absorbés par les végétaux ; la formation de l'ammoniaque dans le sol par l'azote libre et l'hydrogène naissant; la nitrification de l'azote; l'assimilation directe, par les plantes, de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air.

En discutant ces diverses sources capables de fournir de l'azote aux végétaux, on trouve que celles sur lesquelles on possède quelques notions de quantité doivent être insuffisantes pour expliquer l'excédant d'azote fourni annuellement par les récoltes faites sur une surface donnée de terrain, et l'on rencontre trop de difficultés lorsque l'on essaye d'estimer, même approximativement, ce que peuvent fournir d'azote assimilable les sources sur lesquelles on n'a aucune donnée quantitative. C'est pourquoi il a paru important, pour répondre à de semblables questions, d'examiner si une partie de l'immense masse d'azote gazeux appartenant à l'atmosphère ne contribuait pas directement à l'accroissement des végétaux.

On a suivi, dans ces recherches, en la modifiant plus ou moins, la méthode générale imaginée par Boussingault, et qui consiste : à faire développer des graines ou des jeunes plants dont la teneur en azote a été déterminée sur des échantillons pris dans les mêmes conditions et aussi similaires que possible, dans un sol et de l'eau exempts l'un et l'autre de composés azotés, ou bien n'en contenant que des quantités déterminées; à pourvoir d'air purifié de tous composés azotés la plante mise à l'abri de la pluie et de la rosée, ou à la placer dans une atmosphère confinée d'un volume assez limité pour que l'on

pût négliger l'influence des composés azotés qui pouvaient s'y trouver; enfin à doser l'azote dans la récolte, le sol, le vase, afin de déterminer s'il y a eu un gain ou une perte de cette substance dans le cours de la végétation.

En discutant les conditions à remplir pour résoudre la question principale, en éliminant les causes d'erreurs, en tenant compte d'un certain nombre de circonstances accessoires portant sur le point principal comme sur le résultat définitif, en cherchant à ramener la solution générale à une simple question pouvant être résolue par un ensemble d'expériences finales, on a dû prendre en considération :

1°. La préparation du sol ou du milieu destiné à porter les plantes et à recevoir les engrais qui leur étaient destinés;

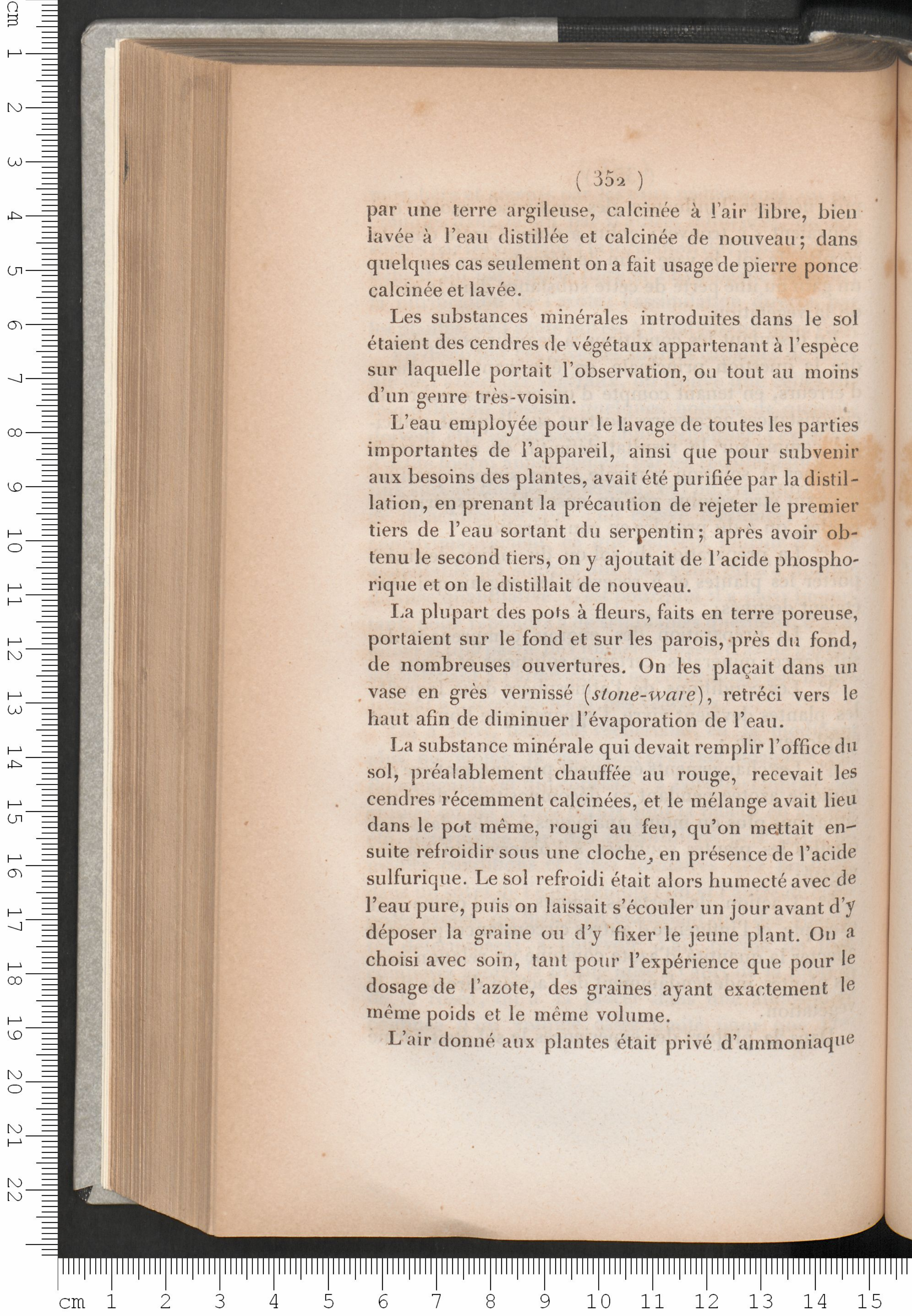
2°. La préparation des engrais comprenant des substances minérales, certaines solutions et l'eau;

3°. Les conditions de l'atmosphère dans laquelle les plantes devaient vivre, l'appareil que l'on devait employer, etc.;

4°. Les changements éprouvés par une matière organique azotée pendant sa décomposition, dans des situations plus ou moins analogues à celles dans lesquelles les plantes soumises à l'observation avaient végété;

5°. L'action de certains agents, de l'ozone par exemple, et l'influence d'autres circonstances pouvant affecter la quantité d'azote combiné en relation avec les plantes, indépendamment de l'action directe de la végétation.

Dans la plupart des expériences le sol était formé



par une terre argileuse, calcinée à l'air libre, bien lavée à l'eau distillée et calcinée de nouveau; dans quelques cas seulement on a fait usage de pierre ponce calcinée et lavée.

Les substances minérales introduites dans le sol étaient des cendres de végétaux appartenant à l'espèce sur laquelle portait l'observation, ou tout au moins d'un genre très-voisin.

L'eau employée pour le lavage de toutes les parties importantes de l'appareil, ainsi que pour subvenir aux besoins des plantes, avait été purifiée par la distillation, en prenant la précaution de rejeter le premier tiers de l'eau sortant du serpentin; après avoir obtenu le second tiers, on y ajoutait de l'acide phosphorique et on le distillait de nouveau.

La plupart des pots à fleurs, faits en terre poreuse, portaient sur le fond et sur les parois, près du fond, de nombreuses ouvertures. On les plaçait dans un vase en grès vernissé (*stone-ware*), retréci vers le haut afin de diminuer l'évaporation de l'eau.

La substance minérale qui devait remplir l'office du sol, préalablement chauffée au rouge, recevait les cendres récemment calcinées, et le mélange avait lieu dans le pot même, rougi au feu, qu'on mettait ensuite refroidir sous une cloche, en présence de l'acide sulfurique. Le sol refroidi était alors humecté avec de l'eau pure, puis on laissait s'écouler un jour avant d'y déposer la graine ou d'y fixer le jeune plant. On a choisi avec soin, tant pour l'expérience que pour le dosage de l'azote, des graines ayant exactement le même poids et le même volume.

L'air donné aux plantes était privé d'ammoniaque

par un lavage dans de l'acide sulfurique suivi d'un parcours à travers de la pierre ponce imbibée du même acide : l'air ainsi lavé, avant de parvenir dans l'appareil, traversait une solution de carbonate de soude; quand il en sortait, il traversait de nouveau de l'acide sulfurique.

L'acide carbonique, indispensable à la végétation, provenait du marbre sur lequel on faisait agir des quantités connues d'acide chlorhydrique; il entrait dans l'appareil mélangé à l'air, après avoir traversé des purificateurs à acide sulfurique et à bicarbonate de soude.

La grande cloche en verre sous laquelle la plante se développait, reposait dans une rainure remplie de mercure et pratiquée sur une plaque en ardoise (*slate*) ou en terre cuite vernissée (*glazed earthenware stand*), sur laquelle reposait un vase dans lequel était placé le pot à fleurs. Des tubes, en traversant cette plaque, pénétraient sous la cloche pour l'introduction comme pour la sortie de l'air, ainsi que pour l'arrosage ou pour l'extraction de l'eau qui se déposait.

On avait acquis la conviction que, dans un appareil ainsi disposé, les plantes se développaient tout aussi bien que dans le sol d'un jardin, de même que l'on avait vu la preuve que le sol artificiel était approprié au but que l'on se proposait d'atteindre, dans ce fait que, dans ce même sol placé dans l'atmosphère artificielle, les plantes offraient une végétation vigoureuse pour peu qu'elles eussent à leur disposition un engrais azoté.

Parmi les recherches accessoires, la première devait

répondre à cette question : Y aurait-il assimilation de l'azote gazeux de l'air, dans les conditions énoncées plus haut, si l'on faisait intervenir l'ozone, soit parce qu'il agirait tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la plante, ou sur l'atmosphère ambiante, ou enfin dans le sol, l'ozone étant considéré comme doué de la faculté d'oxyder l'azote et de le rendre ainsi assimilable par les végétaux.

En supposant la présence de l'ozone, on pouvait supposer que, dans ces expériences, il opérerait indirectement comme une source d'azote combiné et assimilable, soit en oxydant l'azote dissous dans l'eau condensée dans l'appareil, soit en formant de l'acide nitrique par son contact avec un sol humide, poreux et alcalin, soit enfin en oxydant, dans les anciennes racines, l'azote libre que renferment leurs cellules, ou celui qu'elles laissent dégager pendant leur décomposition.

Des expériences ont été entreprises dans le but de déterminer, dans des circonstances variées, l'action de l'ozone sur certaines matières organiques et sur certains corps poreux alcalins. On fit passer un courant d'air ozoné sur ces substances, pendant plusieurs jours pour les unes, pour d'autres pendant plusieurs mois, et, dans un seul cas sur onze, on parvint à constater la formation d'une trace d'acide nitrique, notamment dans de la terre de jardin ; mais on reconnut que cette terre contenait déjà des nitrates avant d'avoir été soumise à l'action de l'ozone.

On n'a pas conclu de là que l'acide nitrique ne saurait prendre naissance par l'action de l'ozone sur certains composés azotés, sur l'azote naissant ou sur

l'azote gazeux en contact avec des matières poreuses et alcalines, ou même dans l'atmosphère. Cependant, en présence du résultat obtenu, malgré l'emploi de grandes quantités d'air ozoné agissant pendant un temps très-long sur des matières organiques, sur le sol, etc., dans les conditions les plus variées, on a dû admettre que cette action n'a introduit aucune erreur capable d'affecter la recherche spéciale que l'on avait en vue.

De nombreuses expériences ont été entreprises dans le but de déterminer s'il y a émission d'azote pendant la destruction des matières organiques azotées.

Dans la première série, comprenant six observations, du froment, de l'orge, de la farine de féverole ont été mêlés séparément à de la pierre ponce, à de la terre calcinée, et abandonnés durant plusieurs mois à la décomposition, dans un courant d'air, avec une disposition propre à recueillir l'ammoniaque émise et à la doser. Le résultat a été que, dans cinq cas sur six, il y a eu émission plus ou moins prononcée de gaz azote, s'élevant dans deux cas à 12 pour 100 de l'azote contenu dans la substance.

La seconde série, comprenant neuf observations, a de même été faite avec du froment, de l'orge, des féveroles, le sol étant constitué comme précédemment par de la pierre ponce ou de la terre calcinée. Dans plusieurs cas on a mis les graines entières, elles se sont développées, et les plantes, après leur mort, ont été abandonnées à la décomposition. Dans d'autres on a fait usage de graines concassées ou moulues. Les degrés d'humectation ont été différents. On a continué ces expériences pendant plusieurs mois,

pendant lesquels des matières ont perdu de 60 à 70 pour 100 de leur carbone. Dans huit expériences sur neuf, il y a eu émission d'azote libre, s'élevant dans la plupart des cas à $\frac{1}{7}$ ou $\frac{1}{8}$, et dans un cas à 40 pour 100 de l'azote constituant de la substance. La décomposition de la matière organique a toujours été très-complète, et la proportion de carbone perdu a été relativement uniforme. Il paraîtrait d'après cela que si dans de rares circonstances il peut ne pas y avoir émission d'azote pendant la décomposition des matières organiques azotées, le plus ordinairement la perte peut être très-considérable; c'est là, il faut le remarquer, un fait important, en ce qu'il touche à l'aménagement des fumiers dans les fermes.

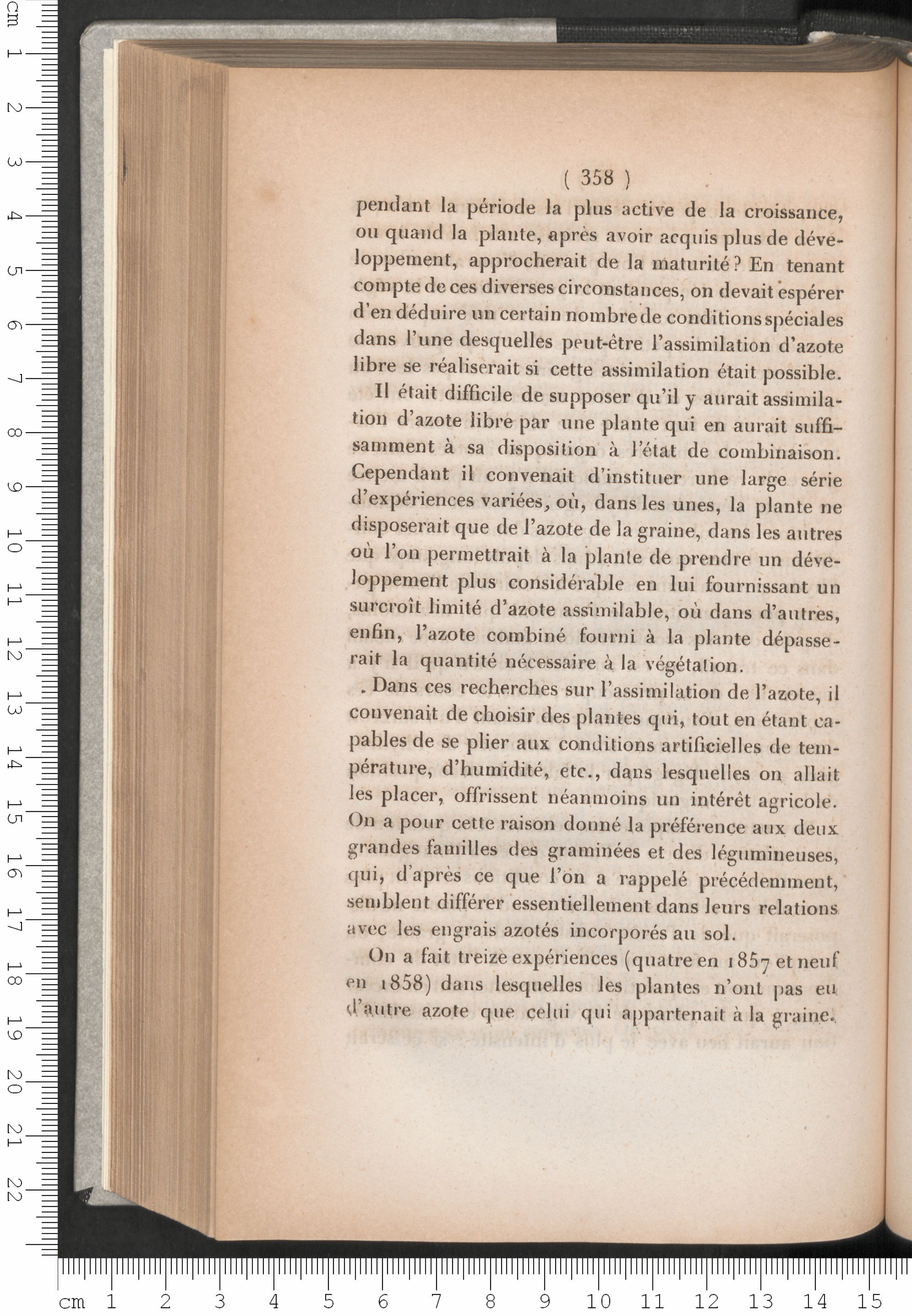
Des expériences multipliées ont montré que les mêmes matières organiques azotées, quand elles se décomposent sous l'eau, à l'abri de l'oxygène libre, n'émettent pas de gaz azote. Cette émission paraît donc être due à un phénomène de combustion.

D'autres expériences ont fait voir que les graines germées renferment, à peu de chose près, la totalité de l'azote qu'elles contenaient avant la germination.

Il est à observer que, dans les circonstances mentionnées plus haut, où il y a eu une forte émission d'azote libre, la matière organique a été soumise aux effets de la putréfaction durant plusieurs mois, et qu'elle a perdu les deux tiers de son carbone. Dans les recherches relatives à la question d'assimilation, une très-faible partie de la matière organique éprouve une décomposition analogue, et cela pendant un temps très-court, au bout duquel elle a conservé sa forme et presque tout son carbone. On peut donc admettre

que, dans les expériences sur l'assimilation, on n'a pas eu à redouter une erreur sérieuse attribuable à une émission de gaz azote libre par suite d'une altération de la matière azotée pendant la germination et la végétation. Ces faits toutefois donnent une explication vraisemblable des petites pertes d'azote qui peuvent se manifester quand certaines graines n'ont pas levé ou que des feuilles ou d'autres matières mortes ont été altérées, et ils font naître une objection contre l'intervention des matières organiques azotées dans ce genre de recherches. Quoiqu'il n'y ait pas à mettre en doute l'émission d'hydrogène pendant la décomposition des substances végétales dans certaines conditions, et bien qu'il soit admis depuis longtemps que l'hydrogène naissant est apte à s'unir avec l'azote gazeux pour constituer de l'ammoniaque, néanmoins, d'après diverses considérations établies avec détail dans ce travail, on est autorisé à croire qu'il n'y a pas eu lieu de se préoccuper, dans le cours de ces expériences, d'aucune erreur provenant d'un surcroît d'ammoniaque formée sous l'influence de l'hydrogène naissant dégagé par le fait de la décomposition de la matière organique.

Revenant aux expériences relatives à la question de l'assimilation directe de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air, on a examiné si les conditions seraient plus favorables à cette assimilation quand la plante ne disposerait que de l'azote constitutif de la graine, ou lorsqu'on lui fournirait de l'azote à l'état de combinaison, soit en quantité fort restreinte, soit en excès? Puis, à quelle phase de la végétation cette assimilation aurait lieu avec le plus d'intensité : si ce serait



pendant la période la plus active de la croissance, ou quand la plante, après avoir acquis plus de développement, approcherait de la maturité? En tenant compte de ces diverses circonstances, on devait espérer d'en déduire un certain nombre de conditions spéciales dans l'une desquelles peut-être l'assimilation d'azote libre se réaliserait si cette assimilation était possible.

Il était difficile de supposer qu'il y aurait assimilation d'azote libre par une plante qui en aurait suffisamment à sa disposition à l'état de combinaison. Cependant il convenait d'instituer une large série d'expériences variées, où, dans les unes, la plante ne disposerait que de l'azote de la graine, dans les autres où l'on permettrait à la plante de prendre un développement plus considérable en lui fournissant un surcroît limité d'azote assimilable, où dans d'autres, enfin, l'azote combiné fourni à la plante dépasserait la quantité nécessaire à la végétation.

. Dans ces recherches sur l'assimilation de l'azote, il convenait de choisir des plantes qui, tout en étant capables de se plier aux conditions artificielles de température, d'humidité, etc., dans lesquelles on allait les placer, offrissent néanmoins un intérêt agricole. On a pour cette raison donné la préférence aux deux grandes familles des graminées et des légumineuses, qui, d'après ce que l'on a rappelé précédemment, semblent différer essentiellement dans leurs relations avec les engrais azotés incorporés au sol.

On a fait treize expériences (quatre en 1857 et neuf en 1858) dans lesquelles les plantes n'ont pas eu d'autre azote que celui qui appartenait à la graine.

Dans douze de ces expériences, le sol était formé avec de la terre préparée comme il a été indiqué plus haut; dans la treizième, il consistait en pierre ponce.

Neuf expériences faites sur les graminées, une avec du froment et deux avec de l'orge, ont été exécutées en 1857. Dans l'une des expériences sur l'orge on a pu constater un gain en azote de 0^{gr},0016, dans l'autre un gain de 0^{gr},0026. Dans deux cas seulement on a eu un gain en azote dans les expériences entreprises en 1858 sur les céréales, et dans ces deux cas ce gain n'a pas dépassé une faible fraction de milligramme. En réalité, on n'a jamais trouvé, tant en 1857 qu'en 1858, plus d'azote dans les *plantes elles-mêmes* que n'en contenait la graine qui leur avait donné naissance. On n'a constaté un excès d'azote qu'autant qu'on faisait intervenir dans le calcul des résultats, l'azote du sol et du pot dont le poids s'élevait à 1500 grammes, et cet excès n'est arrivé à 1 milligramme que dans les expériences de 1857, quand on fit usage d'ardoise (*slate*) au lieu de terre cuite vernissée (*earthenware stands*) pour supporter la cloche dans le but de clore l'appareil, et il y a des raisons pour croire que ce léger excès était dû à cette circonstance. Dans aucun des autres cas, l'excès d'azote n'a dépassé les limites des erreurs possibles de l'analyse. On est donc arrivé à ce résultat que, dans aucun cas, on a pu constater dans ces expériences un gain en azote permettant de supposer qu'il y ait eu assimilation de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air. Les plantes cependant ont végété pendant plusieurs mois; le plus souvent même elles ont triplé la quantité de carbone originairement contenue dans la graine et

n'ont, sans aucun doute, été limitées dans leur développement que faute d'un surcroît d'azote assimilable sous une forme quelconque. Cependant les plantes, dont quelques-unes avaient donné des graines, étaient restées durant plusieurs mois dans une atmosphère contenant de l'azote libre où leurs cellules étaient remplies de liquides saturés de ce gaz. On remarquera que les résultats de ces expériences sur les céréales confirment ceux déjà obtenus par M. Boussingault.

Dans les mêmes conditions, les légumineuses ne se sont pas développées aussi bien que les céréales. Toutefois, dans trois cas où les plantes n'avaient pas eu d'autre azote que celui qui existait dans les semences, le carbone fixé a dépassé de beaucoup celui que renfermait la graine, dans un plant il a été plus que triplé. Jamais cependant il n'y a eu le moindre indice d'une assimilation d'azote libre, ainsi qu'il était arrivé pour les céréales venues dans les mêmes circonstances (1).

Une expérience faite avec du sarrasin, n'ayant à sa disposition que l'azote de la graine, n'a pas donné davantage l'indice d'une assimilation de l'azote gazeux pendant la végétation.

---

(1) Ces résultats sur les légumineuses s'accordent tout aussi bien avec mes expériences que ceux obtenus sur les céréales par MM. Lawes, Gilbert et Pugh. En faisant développer des haricots dans une atmosphère renouvelée et purifiée, en arrosant le sol préalablement calciné avec de l'eau distillée *exempte d'ammoniaque*, je n'ai pu découvrir le moindre indice de l'assimilation de l'azote libre. Mais en cultivant la même plante en plein air, dans un sol stérile humecté avec de l'eau pure, j'ai toujours constaté sensiblement plus d'azote dans la récolte qu'il n'y en avait dans la semence. Ce gain en azote, pour un seul plant, a varié de $0^{gr},003$ à $0^{gr},011$. (B.)

En considérant l'ensemble de ces recherches, où les plantes n'ont eu à leur disposition d'autre azote que celui de la graine, on en tire cette conclusion, basée sur l'invariabilité de la quantité, qu'il n'y a eu ni émission ni assimilation d'azote; mais on ne peut pas en conclure qu'il n'y aurait pas eu émission si de l'azote à un état assimilable avait été donné en excès à la plante.

On mentionnera ici les résultats d'un grand nombre d'expériences dans lesquelles on a fourni aux plantes des quantités plus ou moins grandes d'azote à l'état de combinaison, soit sous la forme de sels ammoniacaux, soit sous celle de nitrates. Dix expériences ont été faites avec des céréales, quatre en 1857 et six en 1858. En 1858 on a fait trois expériences avec des légumineuses et plusieurs autres avec des plantes diverses.

Pour les céréales particulièrement, le surcroît d'azote à l'état de combinaison a produit un développement considérable, à tel point que la matière végétale élaborée dépassait de 8, 12 et même 30 fois celle qui avait été élaborée par les mêmes plantes végétant dans un sol stérile, et la quantité d'azote fixée par l'organisme était toujours plusieurs fois, même jusqu'à 30 fois aussi forte. Il est donc hors de doute qu'on avait rempli, sauf le manque d'azote à l'état assimilable, toutes les conditions propres à déterminer une végétation vigoureuse, et que l'arrêt de la croissance était bien dû uniquement au manque d'engrais azoté.

Dans deux expériences, sur les quatre faites avec les céréales en 1857, on avait reconnu un léger gain en azote dépassant le limite des erreurs possibles de l'a-

nalyse; mais on n'a constaté aucun gain dans aucune des expériences entreprises en 1858, quand dans l'appareil on eut substitué la terre vernissée à l'ardoise. On en a conclu qu'il ne s'était fait aucune assimilation d'azote libre. Dans quelques cas l'engrais azoté n'a été ajouté que lorsque la plante donnait des signes évidents de dépérissement, et après chaque addition il se manifestait aussitôt de la vigueur dans la végétation. Dans d'autres cas, l'engrais azoté a été ajouté plus tôt et à plus forte dose.

De même que les légumineuses qui ont végété dans un sol stérile, celles qui ont eu à leur disposition un engrais azoté, ont paru végéter moins vigoureusement que les graminées; mais dans aucun cas on n'a vu l'indice d'une assimilation de l'azote libre.

Dans les expériences faites avec l'intervention d'un engrais azoté sur des plantes autres que les graminées et les légumineuses, les résultats n'ont pas indiqué davantage qu'il y ait eu assimilation de l'azote libre.

Ainsi, dans dix-neuf expériences faites sur les graminées, neuf sans et dix avec un surcroît d'azote combiné; dans six expériences sur les légumineuses, trois avec et trois sans addition d'un engrais azoté, et en outre dans plusieurs expériences faites avec diverses plantes et dans des conditions les plus variées, il n'a pas été possible de constater l'indice d'une assimilation, par la plante, de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air atmosphérique.

Devant l'évidence de la non-assimilation de l'azote *libre* par les plantes, il est fort à désirer que les diverses sources d'où peut provenir l'azote *combiné* soient recherchées avec la plus grande attention, tant

sous le rapport qualitatif que sous le rapport quantitatif.

S'il est établi que les végétaux ne fixent pas l'azote libre dans leur organisme, l'origine de la masse considérable d'azote combiné qui se rencontre soit à la surface du globe, soit dans l'atmosphère, attend encore une explication satisfaisante (1).

---

(1) Voici, au reste, le texte des conclusions générales de l'important travail exécuté par MM. Lawes, Gilbert et Pugh :

The conclusions from the whole inquiry may be briefly summed up as follows :

The yield of nitrogen in the vegetation over a given area, within a given time, especially in the case of Leguminous crops, is not satisfactorily explained by reference to the hitherto quantitatively determined supplies of *combined* nitrogen.

The results and conclusions hitherto recorded by different experimenters on the question whether plants assimilate *free* or *un*combined nitrogen, are very conflicting.

The conditions provided in the experiments of the Authors on this question were found to be quite consistent with the healthy development of various Graminaceous Plants, but not so much so for that of the Leguminous Plants experimented upon.

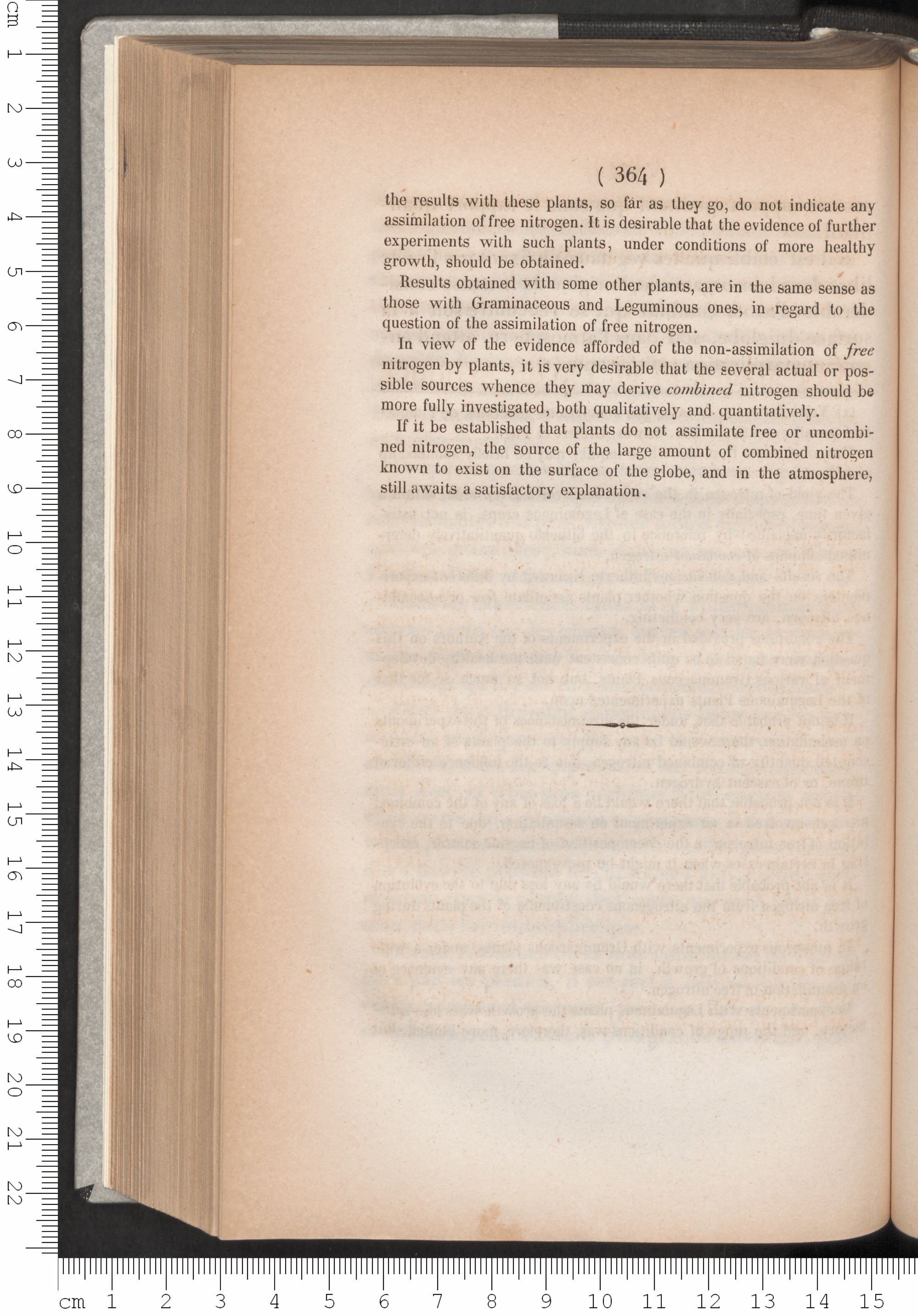
It is not probable that, under the circumstances of the experiments on assimilation, there would be any supply to the plants of an unaccounted quantity of combined nitrogen, due to the influence either of ozone, or of nascent hydrogen.

It is not probable that there would be a loss of any of the combined nitrogen involved in an experiment on assimilation, due to the evolution of free nitrogen in the decomposition of organic matter, excepting in certain cases when it might be presupposed.

It is not probable that there would be any loss due to the evolution of free nitrogen from the nitrogenous constituents of the plants during growth.

In numerous experiments with Graminaceous plants, under a wide range of conditions of growth, in no case was there any evidence of an assimilation of free nitrogen.

In experiments with Leguminous plants the growth wass less satisfactory, and the range of conditions was, therefore, more limited. But



the results with these plants, so far as they go, do not indicate any assimilation of free nitrogen. It is desirable that the evidence of further experiments with such plants, under conditions of more healthy growth, should be obtained.

Results obtained with some other plants, are in the same sense as those with Graminaceous and Leguminous ones, in regard to the question of the assimilation of free nitrogen.

In view of the evidence afforded of the non-assimilation of *free* nitrogen by plants, it is very desirable that the several actual or possible sources whence they may derive *combined* nitrogen should be more fully investigated, both qualitatively and quantitatively.

If it be established that plants do not assimilate free or uncombined nitrogen, the source of the large amount of combined nitrogen known to exist on the surface of the globe, and in the atmosphere, still awaits a satisfactory explanation.

SUR LA PRÉSENCE

DE

L'AMMONIAQUE ET DE L'ACIDE NITRIQUE

DANS LA ROSÉE ARTIFICIELLE.

Je nomme rosée *artificielle* l'eau que dépose l'air plus ou moins complétement saturé de vapeur, quand il est en contact avec une surface suffisamment refroidie, bien qu'en réalité je ne fasse aucune distinction entre cette rosée et celle qui mouille les plantes durant une nuit chaude, calme et sereine, c'est-à-dire lorsque l'état de l'atmosphère favorise le rayonnement calorifique des objets placés sur le sol. La rosée est peut-être le seul météore aqueux que l'homme produit à volonté; son origine est toujours la même: la vapeur contenue dans l'air; son apparition est toujours déterminée par la même cause : un abaissement de température éprouvé par les corps sur lesquels elle se condense.

En se liquéfiant, la vapeur entraîne nécessairement les substances volatiles et solubles disséminées dans l'atmosphère. C'est ainsi que l'on constate dans les eaux météoriques, et particulièrement dans la rosée, une notable proportion d'ammoniaque.

En 1853, j'ai trouvé que de la rosée recueillie au Liebfrauenberg contenait, par litre :

Rosée reçue dans la nuit du	millig.	
18 au 19 août.	3,1	d'ammoniaque.
9 au 10 septembre. . .	6,2	»
11 au 12 septembre. . .	6,2	»
21 au 22 septembre. . .	6,2	»
24 au 25 septembre. . .	1,0	»
27 au 28 septembre . .	6,2	»

Quoique la rosée apparaisse très-fréquemment, comme l'indique l'humidité dont l'herbe est ordinairement couverte avant le lever du soleil, les cas où il est possible de s'en procurer en assez grande abondance pour l'examiner ne sont pas aussi fréquents qu'on pourrait le supposer. D'ailleurs les circonstances où la vapeur dissoute dans l'atmosphère pénètre et se condense dans un sol desséché sans que cependant la rosée soit manifeste, sont fort communes, et il y a lieu de croire que, dans le cours d'une année, la terre reçoit par le seul effet de sa faculté hygroscopique une quantité d'eau considérable, ayant, tout porte à le penser, la constitution de la rosée. Il y a plus : la plupart des matières poreuses absorbent de l'air atmosphérique et, avec cet air, de l'eau de *rosée*. Aussi, toutes les fois qu'il y a pénétration et condensation de vapeur aqueuse dans un corps poreux, il y a apport d'une certaine dose d'ammoniaque, car dans le fait il y a dépôt de rosée. C'est par cette absorption d'air accompagnée d'eau ayant existé en vapeur dans l'atmosphère qu'il est possible d'expliquer l'apparition de l'ammoniaque dans des substan-

ces poreuses exposées à l'air après avoir été calcinées à une forte chaleur rouge, comme il résulte d'expériences fort délicates que j'ai exécutées à l'occasion des recherches sur la végétation (1). Ainsi, j'ai trouvé que 1 kilogramme de matière pulvérisée et exposée à l'air, pendant deux à trois jours, après la calcination, a pris

	millig.	
La brique....	0,5	d'ammoniaque
Le sable...........	0,8	»
Le phosphate de chaux.	0,8	»
Le charbon de bois...	2,9	»

J'ai reconnu, en outre, que lorsque les mêmes matières avaient été humectées avec de l'eau bien pure immédiatement après la calcination, lorsque par cette imbibition on détruisait en quelque sorte leur porosité, elles n'acquéraient plus d'ammoniaque.

Toutefois il restait à démontrer que l'eau condensée provenant de l'atmosphère contenait de l'ammoniaque. C'est ce qui m'a porté à rechercher cet alcali dans la rosée artificielle que je me suis procurée par le procédé suivant.

J'ai chargé de glace un vase cylindrique en verre de 77 centimètres de hauteur et 60 centimètres de circonférence; comme la hauteur de l'eau à 0 degré ne dépassait pas 66 centimètres, la surface réfrigérante était de 3960 centimètres carrés. Le vase reposait sur un entonnoir très-évasé aboutissant à un fla-

(1) BOUSSINGAULT, Recherches sur la végétation. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XLIII, p. 149, 3e série.)

con où se rendait l'eau provenant de la condensation de la vapeur.

L'appareil a été établi dans une salle ouvrant sur une terrasse du Conservatoire des Arts et Métiers, où on l'a laissé exposé en renouvelant la glace, du 20 au 21 mai. La température de la salle s'est maintenue entre 24 et 26 degrés centigrades. On a obtenu $\frac{1}{2}$ litre de rosée artificielle; c'était de l'eau parfaitement limpide, sur laquelle surnageaient deux particules impondérables de suie. Cette eau n'était pas troublée par des sels de baryte. Le nitrate d'argent y occasionnait un léger louche. Le sous-acétate de plomb y formait un précipité indiquant la présence d'acide carbonique. Elle n'avait ni odeur ni saveur particulière.

Traitée avec toutes les précautions convenables dans l'appareil dont je me sers pour examiner les eaux pluviales (1), j'en ai retiré une quantité d'ammoniaque répondant à $10^{\text{millig}},8$ pour 1 litre, proportion très-forte si on la compare à celle qu'a fournie la rosée recueillie au Liebfrauenberg. Une recherche spéciale faite sur le résidu de la distillation a indiqué la présence non douteuse de l'acide nitrique.

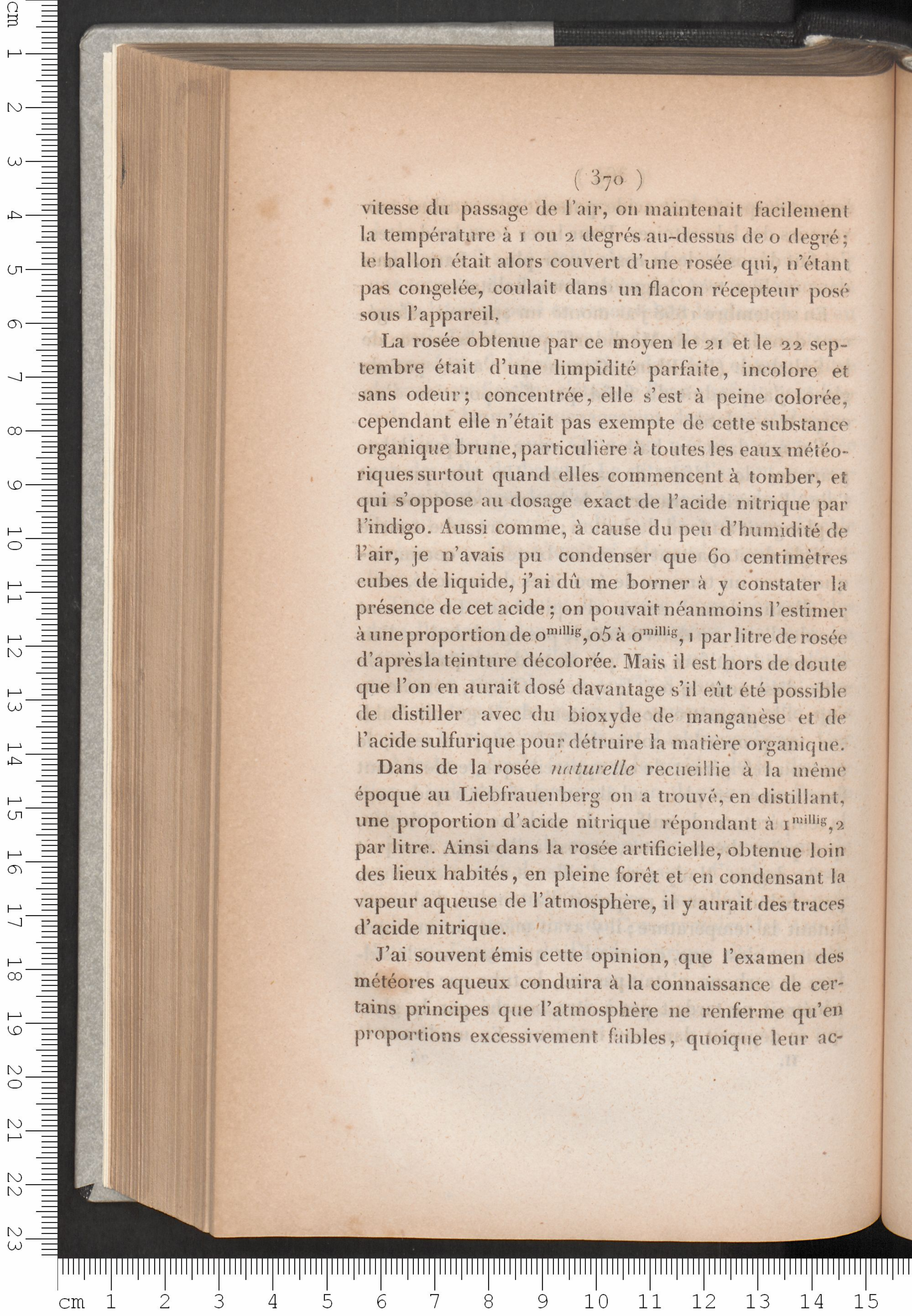
L'eau a pris par la concentration au centième de son volume initial, cette teinte jaune d'ambre caractéristique des eaux météoriques. Dans de la rosée précipitée de l'atmosphère du Conservatoire des Arts et Métiers, l'origine de l'acide nitrique était naturel-

(1) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. II, p. 170; 2e édition.

lement suspecte. Cet acide pouvait être attribué aux vapeurs des laboratoires. Pour lever tous les doutes, j'ai fait déposer de la rosée, non plus à Paris, mais dans un lieu très-éloigné de toute habitation.

En septembre 1858 j'ai monté un appareil réfrigérant dans la forêt de Mitchdorff, près de la source de la Sultzbach (Bas-Rhin). Comme je n'avais pas de glace, j'ai produit du froid par l'évaporation d'un corps très-volatil.

J'ai mis dans un ballon de verre quelques kilogrammes de sulfure de carbone. Un tube prenant l'air à l'extérieur traversait le bouchon de fermeture et plongeait au fond du ballon ; un autre tube courbé à angle droit, partant du même bouchon, communiquait avec un tonneau de 400 litres de capacité, rempli d'eau, devant servir d'aspirateur. En laissant écouler l'eau ,on déterminait le passage de bulles d'air à travers le sulfure, et, par suite de ce passage, le refroidissement de tout le système. C'était, comme on voit, l'hygromètre condensateur de Regnault établi sur une proportion colossale. Tel était, au reste, le pouvoir refrigérant de cet appareil, que, en le faisant fonctionner en plein soleil, on abaissait rapidement la température du sulfure de carbone à — 5 degrés, quoiqu'un thermomètre, exposé à l'ombre, marquât + 31 degrés. Il n'y avait d'ailleurs aucun avantage, pour le but qu'on se proposait d'atteindre, d'abaisser autant la température ; il y avait même un inconvénient, et c'est que, comme l'air qui traversait le sulfure de carbone n'était pas sec, le tube par lequel il pénétrait ne tardait pas à être bouché par la glace qui se déposait dans son intérieur. En modérant la



vitesse du passage de l'air, on maintenait facilement la température à 1 ou 2 degrés au-dessus de 0 degré; le ballon était alors couvert d'une rosée qui, n'étant pas congelée, coulait dans un flacon récepteur posé sous l'appareil.

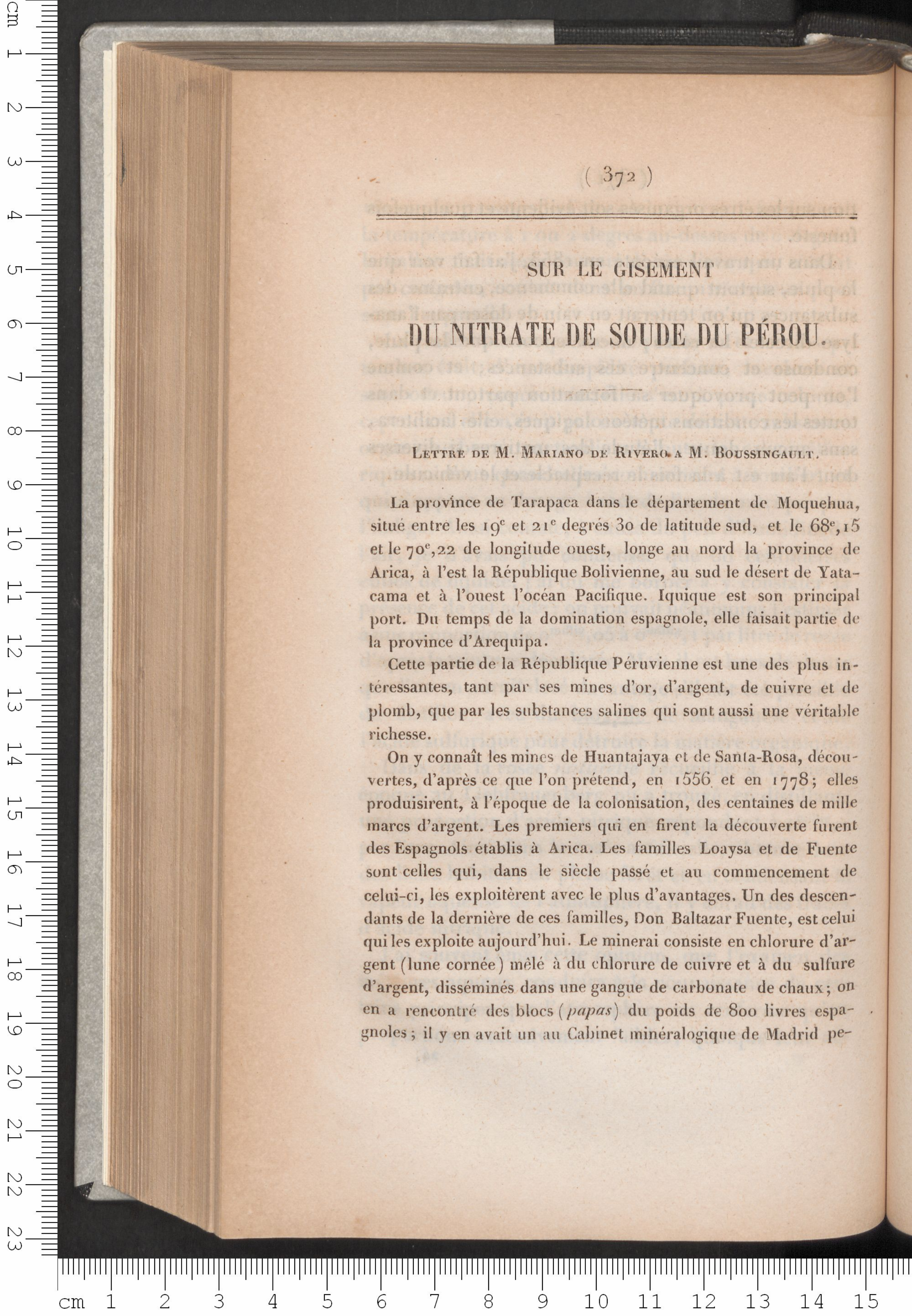
La rosée obtenue par ce moyen le 21 et le 22 septembre était d'une limpidité parfaite, incolore et sans odeur; concentrée, elle s'est à peine colorée, cependant elle n'était pas exempte de cette substance organique brune, particulière à toutes les eaux météoriques surtout quand elles commencent à tomber, et qui s'oppose au dosage exact de l'acide nitrique par l'indigo. Aussi comme, à cause du peu d'humidité de l'air, je n'avais pu condenser que 60 centimètres cubes de liquide, j'ai dû me borner à y constater la présence de cet acide; on pouvait néanmoins l'estimer à une proportion de $0^{\text{millig}},05$ à $0^{\text{millig}},1$ par litre de rosée d'après la teinture décolorée. Mais il est hors de doute que l'on en aurait dosé davantage s'il eût été possible de distiller avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique pour détruire la matière organique.

Dans de la rosée *naturelle* recueillie à la même époque au Liebfrauenberg on a trouvé, en distillant, une proportion d'acide nitrique répondant à $1^{\text{millig}},2$ par litre. Ainsi dans la rosée artificielle, obtenue loin des lieux habités, en pleine forêt et en condensant la vapeur aqueuse de l'atmosphère, il y aurait des traces d'acide nitrique.

J'ai souvent émis cette opinion, que l'examen des météores aqueux conduira à la connaissance de certains principes que l'atmosphère ne renferme qu'en proportions excessivement faibles, quoique leur ac-

tion sur les êtres organisés soit évidente et quelquefois funeste.

Dans un travail exécuté en 1853, j'ai fait voir que la pluie, surtout quand elle commence, entraîne des substances qu'on tenterait en vain de doser par l'analyse directe. La rosée, mieux encore que la pluie, condense et concentre ces substances; et comme l'on peut provoquer sa formation partout et dans toutes les conditions météorologiques, elle facilitera, sans aucun doute, l'étude des matières si diverses dont l'air est à la fois le réceptacle et le véhicule.



SUR LE GISEMENT

DU NITRATE DE SOUDE DU PÉROU.

Lettre de M. Mariano de Rivero a M. Boussingault.

La province de Tarapaca dans le département de Moquehua, situé entre les 19e et 21e degrés 30 de latitude sud, et le 68e,15 et le 70e,22 de longitude ouest, longe au nord la province de Arica, à l'est la République Bolivienne, au sud le désert de Yatacama et à l'ouest l'océan Pacifique. Iquique est son principal port. Du temps de la domination espagnole, elle faisait partie de la province d'Arequipa.

Cette partie de la République Péruvienne est une des plus intéressantes, tant par ses mines d'or, d'argent, de cuivre et de plomb, que par les substances salines qui sont aussi une véritable richesse.

On y connaît les mines de Huantajaya et de Santa-Rosa, découvertes, d'après ce que l'on prétend, en 1556 et en 1778; elles produisirent, à l'époque de la colonisation, des centaines de mille marcs d'argent. Les premiers qui en firent la découverte furent des Espagnols établis à Arica. Les familles Loaysa et de Fuente sont celles qui, dans le siècle passé et au commencement de celui-ci, les exploitèrent avec le plus d'avantages. Un des descendants de la dernière de ces familles, Don Baltazar Fuente, est celui qui les exploite aujourd'hui. Le minerai consiste en chlorure d'argent (lune cornée) mêlé à du chlorure de cuivre et à du sulfure d'argent, disséminés dans une gangue de carbonate de chaux; on en a rencontré des blocs (*papas*) du poids de 800 livres espagnoles; il y en avait un au Cabinet minéralogique de Madrid pe-

sant plusieurs arrobas (1) : il avait été trouvé dans le *Panizo*, roche tendre formée d'argile et de débris de coquilles.

Suivant les comptes de la trésorerie d'Arequipa, on y fondit, en 1827, 7922 marcs d'argent et, en 1828, 2590 marcs seulement : quantités que l'on considérera comme exorbitantes, attendu que depuis l'année 1820 toutes les *pinas*, résidus de la distillation de l'amalgame d'argent que produisaient ces mines, s'écoulaient en contrebande, et il est notoire que, de 1815 à 1825, la seule exploitation d'*Areos* a rendu plus de 3 millions de francs.

La province de Tarapaca, si riche en minerais argentifères, ne l'est pas moins en substances salines, dont une, le nitrate de soude, le salpêtre d'Iquique, a plus particulièrement attiré l'attention du commerce, à cause de son importance dans la fabrication des produits chimiques et de l'emploi qu'en font les cultivateurs pour fertiliser leurs terres.

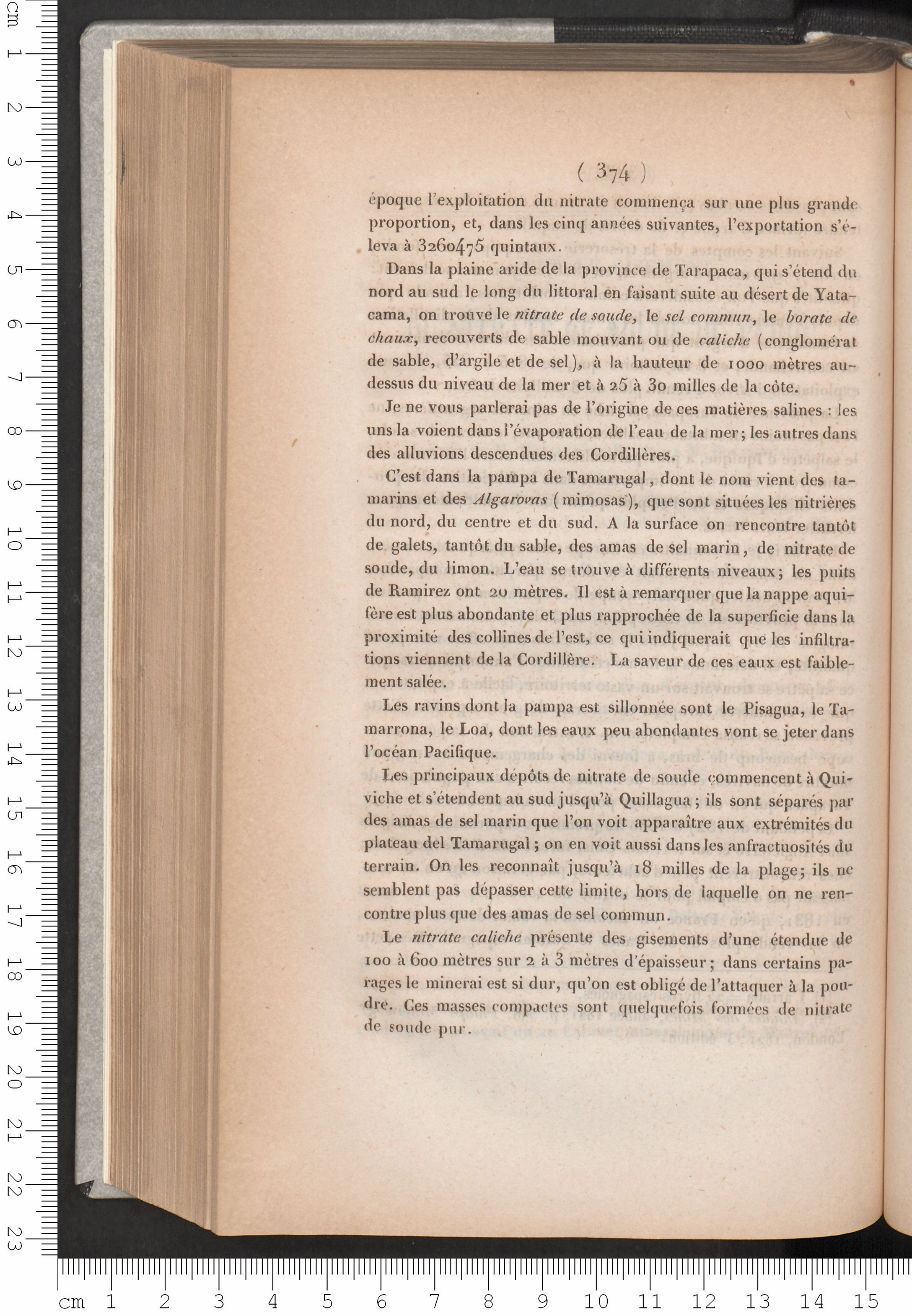
En 1821, je fis connaître en Europe cette remarquable matière dont un échantillon m'avait été donné par mon compatriote M. Pedro Fuente, qui s'était occupé de l'épuration de ce produit dans la province de la Conception, au Chili (2). Le savant minéralogiste Haüy, auquel j'eus la satisfaction d'en offrir une petite quantité, en détermina la forme cristalline. J'annonçai alors que ce salpêtre se trouvait sur un vaste territoire, facile à exploiter, et que le commerce européen en tirerait de grands profits. Cette prévision se réalisa complétement. L'extraction du salpêtre a occupé beaucoup de bras, a fourni des chargements à un grand nombre de navires, et enfin de bonnes récoltes aux populations de Tarapaca qui en ont fait usage pour l'amendement du sol.

Cependant de 1827 à 1830 les premières exportations, dirigées sur l'Angleterre et sur les Etats-Unis, furent loin d'être lucratives ; elles rencontrèrent peu d'acheteurs, par la raison qu'on ne connaissait pas d'emploi pour le nitrate de soude. Ce fut seulement en 1831, qu'en France on reconnut la valeur de cette matière ; on la vendit plus de 30 francs le quintal espagnol. Dès cette

---

(1) L'arroba = 25 livres espagnoles.

(2) *Annales des Mines*, année 1821, p. 596. *Philips Mineralogy*, London, 1821 ; 3e édition.



époque l'exploitation du nitrate commença sur une plus grande proportion, et, dans les cinq années suivantes, l'exportation s'éleva à 3260475 quintaux.

Dans la plaine aride de la province de Tarapaca, qui s'étend du nord au sud le long du littoral en faisant suite au désert de Yatacama, on trouve le *nitrate de soude*, le *sel commun*, le *borate de chaux*, recouverts de sable mouvant ou de *caliche* (conglomérat de sable, d'argile et de sel), à la hauteur de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 25 à 30 milles de la côte.

Je ne vous parlerai pas de l'origine de ces matières salines : les uns la voient dans l'évaporation de l'eau de la mer; les autres dans des alluvions descendues des Cordillères.

C'est dans la pampa de Tamarugal, dont le nom vient des tamarins et des *Algarovas* (mimosas), que sont situées les nitrières du nord, du centre et du sud. A la surface on rencontre tantôt de galets, tantôt du sable, des amas de sel marin, de nitrate de soude, du limon. L'eau se trouve à différents niveaux; les puits de Ramirez ont 20 mètres. Il est à remarquer que la nappe aquifère est plus abondante et plus rapprochée de la superficie dans la proximité des collines de l'est, ce qui indiquerait que les infiltrations viennent de la Cordillère. La saveur de ces eaux est faiblement salée.

Les ravins dont la pampa est sillonnée sont le Pisagua, le Tamarrona, le Loa, dont les eaux peu abondantes vont se jeter dans l'océan Pacifique.

Les principaux dépôts de nitrate de soude commencent à Quiviche et s'étendent au sud jusqu'à Quillagua ; ils sont séparés par des amas de sel marin que l'on voit apparaître aux extrémités du plateau del Tamarugal ; on en voit aussi dans les anfractuosités du terrain. On les reconnaît jusqu'à 18 milles de la plage; ils ne semblent pas dépasser cette limite, hors de laquelle on ne rencontre plus que des amas de sel commun.

Le *nitrate caliche* présente des gisements d'une étendue de 100 à 600 mètres sur 2 à 3 mètres d'épaisseur ; dans certains parages le minerai est si dur, qu'on est obligé de l'attaquer à la poudre. Ces masses compactes sont quelquefois formées de nitrate de soude pur.

Les variétés de nitrate caliche, d'après M. Bollaert qui en a fait un examen attentif, peuvent être classées ainsi :

1°. La blanche compacte renfermant 64 pour 100 de nitrate ;

2°. La jaune, dont la couleur est due à la présence d'iodates ;

3°. La grise compacte, légèrement ferrugineuse et iodifère, renfermant 46 pour 100 de nitrate ;

4°. La grise cristallisée, variété la plus abondante, renfermant de 20 à 25 pour 100 de nitrate et des traces d'iodate ;

5°. Le caliche blanc cristallin : c'est le nitrate de soude.

Toutes ces variétés contiennent plus ou moins de sel marin, de sulfate et du carbonate de soude, de chlorure de calcium et fréquemment du borate de chaux, que l'on trouve ordinairement sous les couches de nitrate de soude.

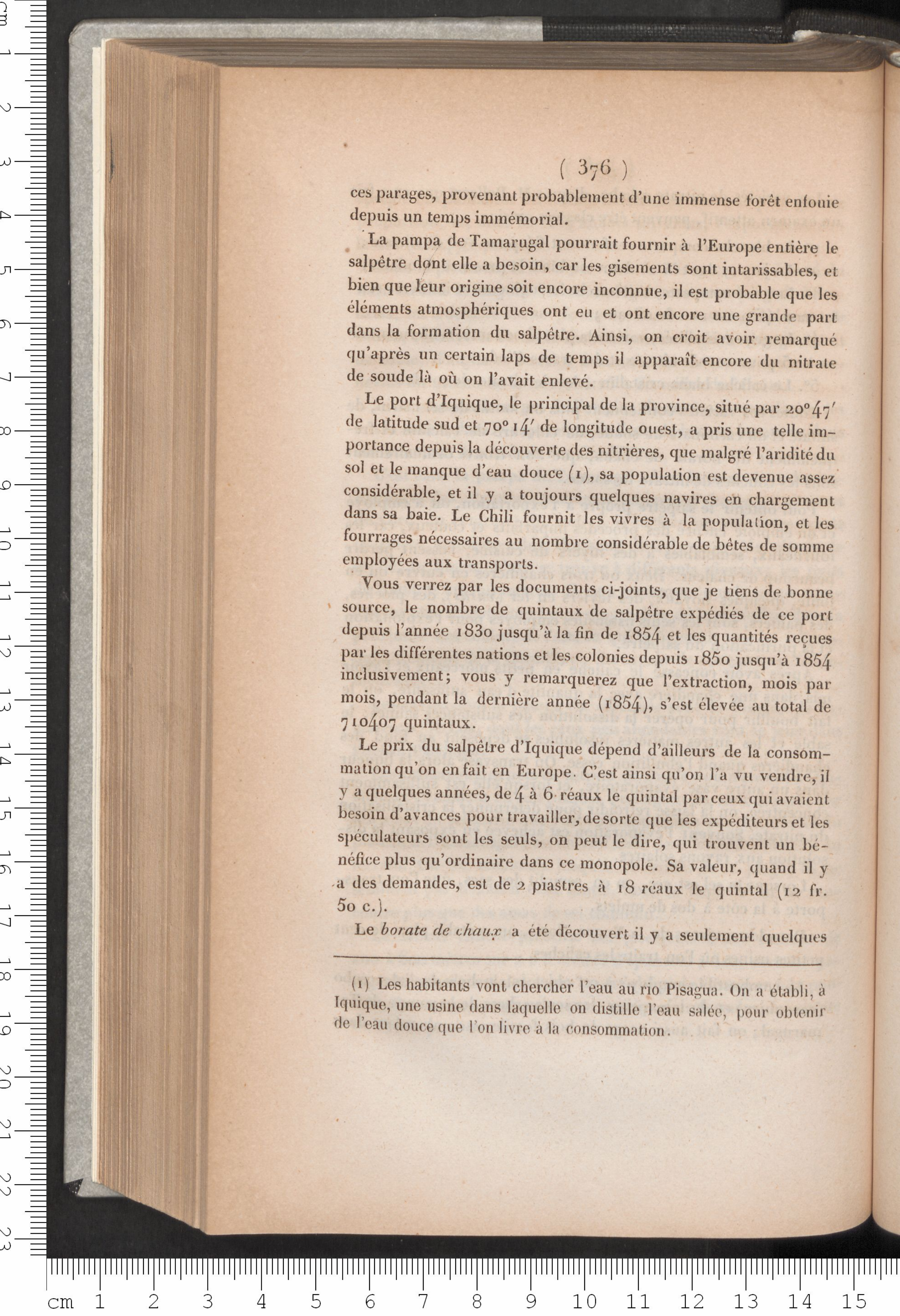
Pour obtenir le salpêtre propre à l'exportation, on a employé et on emploie encore des procédés imparfaits et coûteux, car les fourneaux, semblables à des foyers de cuisine, laissent perdre beaucoup de chaleur. Deux ou trois chaudières en cuivre ou en fonte, quelques hoyaux, des leviers en fer (*varas*), des pioches, des paniers, sont les seuls ustensiles employés pour l'exploitation et la purification du salpêtre.

Après avoir concassé le caliche en petits morceaux et l'avoir mis dans une chaudière avec la quantité d'eau suffisante, on le fait bouillir pour opérer la dissolution des substances salines ; le sable et les autres matières insolubles se déposent au fond des chaudières quand l'ébullition cesse. On transvase alors la liqueur dans un autre vase évaporatoire, et lorsqu'elle est suffisamment concentrée, on la laisse refroidir pour déterminer la cristallisation du nitrate. Souvent l'évaporation est achevée en exposant la dissolution aux rayons solaires.

Lorsque le sel est sec, on en remplit des sacs, que l'on transporte à la côte à dos de mulets.

Dans les environs de la Nueva Noria, on a établi plus de cent petites usines où l'on traite les caliches.

Le combustible employé à cet objet est le bois de l'algarrobo (caroubier) et du tamarinier, les seuls arbres de la pampa de Tamarugal ; on fait aussi usage de bois fossile assez abondant dans



ces parages, provenant probablement d'une immense forêt enfouie depuis un temps immémorial.

La pampa de Tamarugal pourrait fournir à l'Europe entière le salpêtre dont elle a besoin, car les gisements sont intarissables, et bien que leur origine soit encore inconnue, il est probable que les éléments atmosphériques ont eu et ont encore une grande part dans la formation du salpêtre. Ainsi, on croit avoir remarqué qu'après un certain laps de temps il apparaît encore du nitrate de soude là où on l'avait enlevé.

Le port d'Iquique, le principal de la province, situé par 20° 47′ de latitude sud et 70° 14′ de longitude ouest, a pris une telle importance depuis la découverte des nitrières, que malgré l'aridité du sol et le manque d'eau douce (1), sa population est devenue assez considérable, et il y a toujours quelques navires en chargement dans sa baie. Le Chili fournit les vivres à la population, et les fourrages nécessaires au nombre considérable de bêtes de somme employées aux transports.

Vous verrez par les documents ci-joints, que je tiens de bonne source, le nombre de quintaux de salpêtre expédiés de ce port depuis l'année 1830 jusqu'à la fin de 1854 et les quantités reçues par les différentes nations et les colonies depuis 1850 jusqu'à 1854 inclusivement; vous y remarquerez que l'extraction, mois par mois, pendant la dernière année (1854), s'est élevée au total de 710407 quintaux.

Le prix du salpêtre d'Iquique dépend d'ailleurs de la consommation qu'on en fait en Europe. C'est ainsi qu'on l'a vu vendre, il y a quelques années, de 4 à 6 réaux le quintal par ceux qui avaient besoin d'avances pour travailler, de sorte que les expéditeurs et les spéculateurs sont les seuls, on peut le dire, qui trouvent un bénéfice plus qu'ordinaire dans ce monopole. Sa valeur, quand il y a des demandes, est de 2 piastres à 18 réaux le quintal (12 fr. 50 c.).

Le *borate de chaux* a été découvert il y a seulement quelques

(1) Les habitants vont chercher l'eau au rio Pisagua. On a établi, à Iquique, une usine dans laquelle on distille l'eau salée, pour obtenir de l'eau douce que l'on livre à la consommation.

années dans la plaine de Tamarugal, sous la couche du caliche nitrate de soude et à la profondeur de 1 à 2 mètres. C'est un sel qui pourra atteindre une assez grande valeur, parce qu'il entrera nécessairement dans la fabrication du borax. Il en a été expédié quelques tonneaux pour l'Europe.

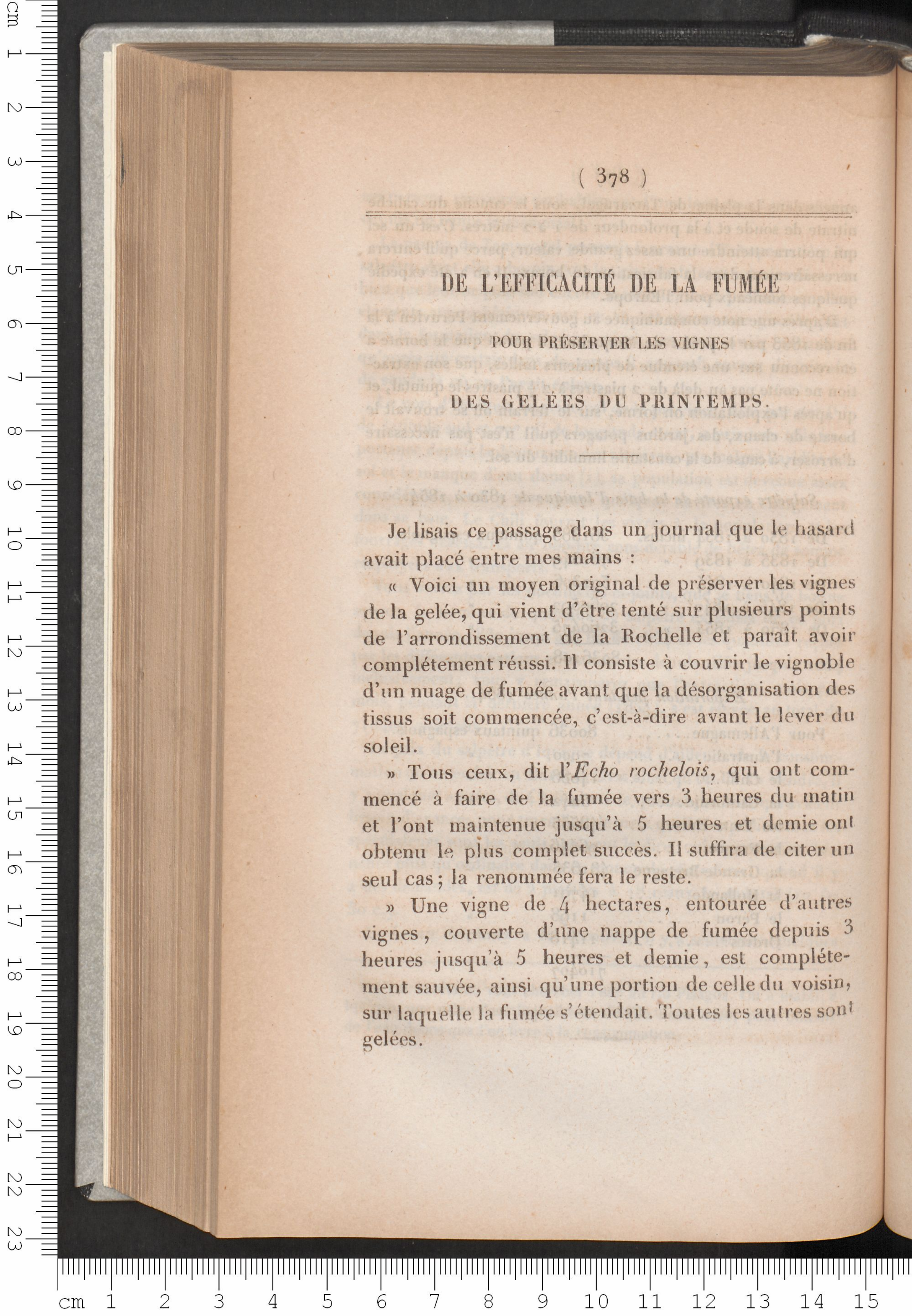
D'après une note communiquée au gouvernement Péruvien à la fin de 1853 par le préfet de Moquehua, il paraît que le borate a été reconnu sur une étendue de plusieurs milles, que son extraction ne coûte pas au delà de 2 piastres à 2 $\frac{1}{2}$ piastres le quintal, et qu'après l'exploitation on forme, sur le terrain où se trouvait le borate de chaux, des jardins potagers qu'il n'est pas nécessaire d'arroser, à cause de la constante humidité du sol.

Salpêtre exporté de la baie d'Iquique de 1830 *à* 1854.

De 1830 à 1834 inclus.	361385	quintaux espagnols.
De 1835 à 1839 »	761349	»
De 1840 à 1844 »	1592306	»
De 1845 à 1849 »	2060592	»
De 1850 à 1854 »	3260475	»
	8036108	

Exportation pendant l'année 1854.

Pour l'Allemagne......	80036	quintaux espagnols.
l'Australie.......	7000	»
le Chili.........	14086	»
la Californie......	5242	»
les États-Unis.....	48555	»
la France.........	96446	»
la Grande-Bretagne.	431635	»
la Hollande.......	14791	»
le Pérou.........	1198	»
Ordres?.........	11418	»
	710407	



DE L'EFFICACITÉ DE LA FUMÉE

POUR PRÉSERVER LES VIGNES

DES GELÉES DU PRINTEMPS.

Je lisais ce passage dans un journal que le hasard avait placé entre mes mains :

« Voici un moyen original de préserver les vignes de la gelée, qui vient d'être tenté sur plusieurs points de l'arrondissement de la Rochelle et paraît avoir complétement réussi. Il consiste à couvrir le vignoble d'un nuage de fumée avant que la désorganisation des tissus soit commencée, c'est-à-dire avant le lever du soleil.

» Tous ceux, dit l'*Echo rochelois*, qui ont commencé à faire de la fumée vers 3 heures du matin et l'ont maintenue jusqu'à 5 heures et demie ont obtenu le plus complet succès. Il suffira de citer un seul cas; la renommée fera le reste.

» Une vigne de 4 hectares, entourée d'autres vignes, couverte d'une nappe de fumée depuis 3 heures jusqu'à 5 heures et demie, est complétement sauvée, ainsi qu'une portion de celle du voisin, sur laquelle la fumée s'étendait. Toutes les autres sont gelées.

» Ces faits sont assez importants pour les porter à la connaissance des vignerons que l'inconstance de la température tient dans l'anxiété. Un jardinier de Lafond, pour garantir ses fraises, a enfumé son jardin. »

L'article que je viens de transcrire signale un résultat d'expérience des plus intéressants; il laisse cependant plusieurs lacunes que j'essayerai de combler.

Il ne faudrait pas s'imaginer, par exemple, que la fumée possède le pouvoir d'empêcher la vigne de périr pendant un hiver très-rigoureux. Il est évidemment question ici de prévenir ces gelées printanières, se manifestant pendant la nuit, alors même que la température de l'atmosphère est supérieure au point de congélation, et dont les effets s'exercent particulièrement sur les bourgeons délicats, sur les organes floraux non-seulement de la vigne, mais de toutes les plantes.

A la première vue, il doit sembler assez singulier qu'un bourgeon, qu'une fleur gèle, lorsque le thermomètre indique quelques degrés au-dessus de zéro, en un mot, qu'une plante soit détruite par la gelée quand il ne gèle pas, en apparence du moins.

Mais c'est un fait capital, découvert par Wells, que les corps, et par conséquent les bourgeons, les fleurs, par un temps serein, en l'absence du soleil, sont plus froids que l'air qui les baigne. C'est sur ce fait, échappé à ses devanciers, que le célèbre physicien anglais a fondé son ingénieuse théorie de la formation de la rosée.

Pendant la nuit, lorsque l'atmosphère est absolument calme, le ciel sans nuages, les plantes se refroidissent et acquièrent bientôt une température

très-notablement inférieure à celle de l'air qui les environne. Dans de semblables conditions, les plantes, ainsi que tous les corps, envoient vers les parties visibles du ciel plus de chaleur qu'elles n'en reçoivent, car les hautes régions de l'atmosphère sont excessivement froides, comme le prouvent et le rapide décroissement de la chaleur à mesure que l'on s'élève au-dessus des vallées, et les neiges dont sont éternellement couvertes les cimes des hautes montagnes. Aussi, le firmament a-t-il été comparé, avec raison, à l'intétérieur d'une sphère de glace dont la température serait de 40 à 50 degrés au-dessous de zéro. Dans les circonstances météorologiques que je viens de signaler, un thermomètre, couché sur le gazon, accuse fréquemment une température inférieure de 7 à 8 degrés à celle qu'indique un thermomètre suspendu dans l'air; la différence est d'ailleurs d'autant plus forte que le gazon, situé dans un lieu bien découvert, *rayonne* vers une plus grande étendue du ciel. Toutes les causes qui agitent l'air, troublent sa transparence, masquent ou rétrécissent le champ de l'hémisphère visible, atténuent le rayonnement nocturne.

C'est surtout au printemps que les effets du rayonnement sont le plus nuisibles aux plantes, par la raison toute simple que le refroidissement nocturne peut être tel, qu'il amène leurs organes à plusieurs degrés au-dessous de zéro. C'est pourquoi, en France, pendant cette saison, dans les nuits sereines, on ne voit que trop souvent les jeunes pousses perdre leur couleur verte, les fleurs se faner et tomber après avoir été gelées. Les jardiniers attribuent ce résultat fâcheux à la lumière de la *Lune rousse*, à la lune qui, commençant en avril,

devient pleine à la fin de ce mois, ou plus ordinairement dans le courant de mai, et leur opinion est fondée sur cette observation dont personne ne contestera l'exactitude, que, par un ciel couvert, lorsque les rayons de notre satellite n'éclairent pas les plantes, les effets pernicieux ne se manifestent pas.

Sur les stations élevées des Cordillères, les cultivateurs attribuent aussi à la lumière de la lune les mêmes effets nuisibles sur la végétation; il y a cette seule différence que, selon eux, l'influence pernicieuse persiste durant toute l'année. J'ai eu l'occasion de faire remarquer (1) qu'en France la température moyenne des mois où la lune *roussit* les plantes représente précisément celle du climat constant des Cordillères, où l'on redoute, pour les cultures, les effets de la gelée: 10 à 14 degrés.

Arago a montré que le froid attribué à la lumière de la lune est uniquement la conséquence de la radiation, dans une saison durant laquelle, pendant la nuit, le thermomètre, dans l'air, se maintient fort souvent à 5 ou 6 degrés. Il en résulte que, en *rayonnant* vers les espaces célestes, un végétal peut être facilement refroidi à plusieurs degrés au-dessous de zéro, et, par conséquent, souffrir de la gelée. L'abaissement de température n'aura lieu que par un temps serein, et c'est seulement dans cette condition que la lune est visible; on ne le verra jamais dans les conditions défavorables au rayonnement. Ainsi, l'observation des jardiniers n'est point inexacte, mais elle est incomplète, car il est de la dernière évidence que dans les

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 710; 2e édition.

mois d'avril et de mai les plantes gèlent quelquefois pendant la nuit, alors même que la lune n'est pas sur l'horizon.

Si la gelée des organes les plus délicats des végétaux, dans des circonstances où l'air ambiant est à plusieurs degrés au-dessus de zéro, est réellement due à l'émission de rayons calorifiques émanés de la plante vers l'espace céleste, il doit arriver qu'un écran, en masquant le ciel, empêchera, ou tout au moins affaiblira le refroidissement. C'est effectivement ce qui a lieu. Ainsi, d'après les belles expériences de Wells, un thermomètre posé sur une planche assez épaisse, située horizontalement à 1 mètre au-dessus du sol, marque quelquefois, par un temps calme et un ciel pur, 5 degrés de moins qu'un second thermomètre fixé à la face de la planche tournée vers la terre. Dans cette disposition, le premier thermomètre se refroidit, parce qu'il rayonne vers le ciel. Ce résultat explique l'utilité des nattes, des paillassons, des châssis, en un mot, de tous ces abris légers avec lesquels on protége les plantes contre le froid. « J'avais souvent souri, avec cette présomption qui accompagne les demi-connaissances, dit Wells, en voyant par quels moyens les jardiniers espèrent garantir les plantes les plus délicates de l'action du froid ; car il me semblait impossible qu'une natte mince ou tel autre abri aussi léger pût les empêcher d'acquérir la température de l'atmosphère, la seule qui me semblait devoir leur nuire ; mais, lorsque j'eus découvert que les corps placés à la surface de la terre deviennent plus froids que l'atmosphère, dans les nuits calmes et sereines, en rayonnant leur chaleur vers le ciel, je sentis aussi-

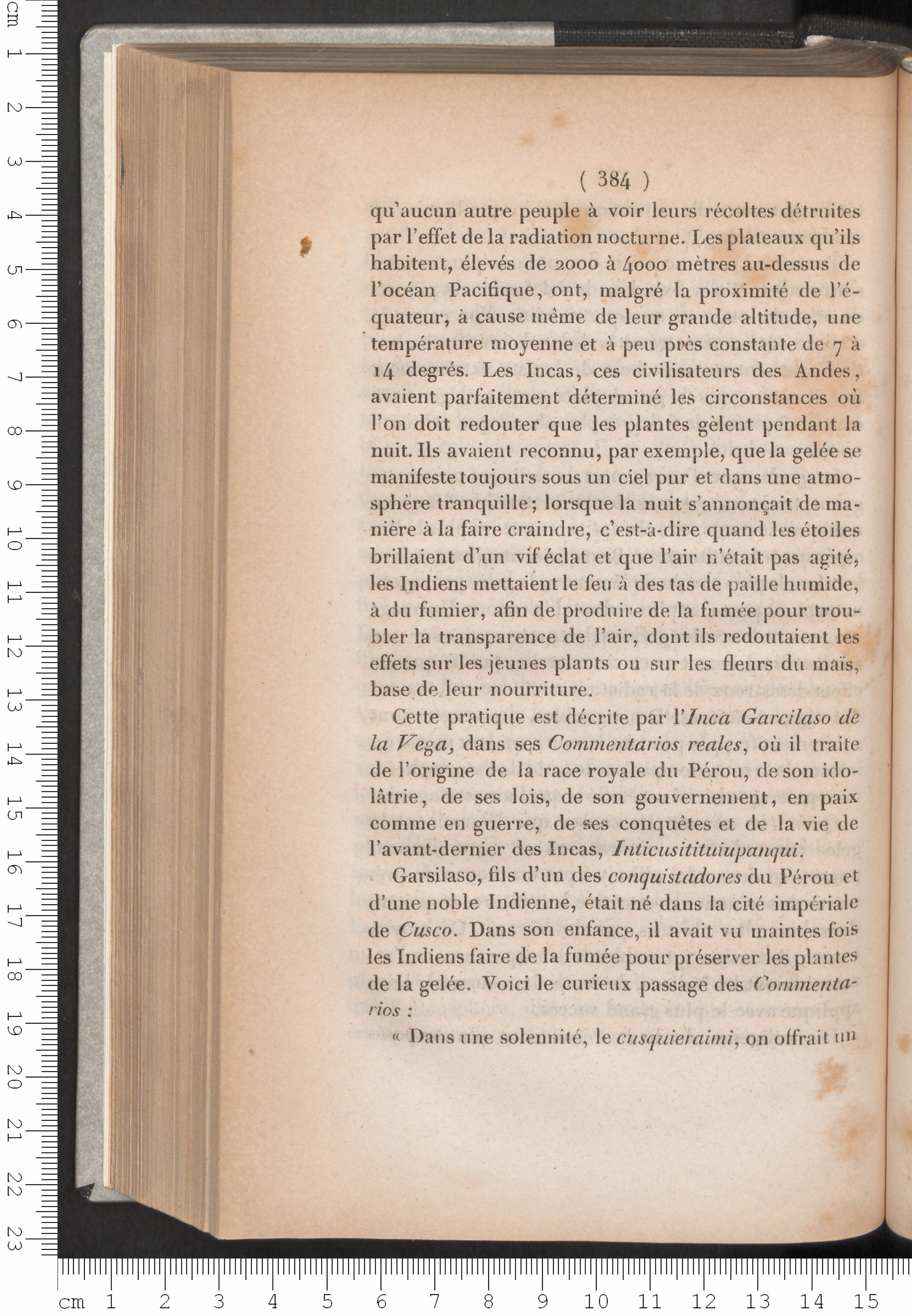
tôt l'importance d'une pratique qui jusque-là m'avait semblé inutile. »

Toutefois, pour acquérir des notions plus exactes sur ce sujet, Wells fixa dans le sol de minces piquets de $0^m,1$ de longueur aux quatre coins d'un carré de $0^m,6$ de côté, aux extrémités desquels on attacha horizontalement un mouchoir de batiste extrêmement fin. Il arriva que le gazon placé sous ce léger tissu était quelquefois de 6 degrés plus chaud que celui qui n'était pas abrité.

La grêle, que l'ouragan et le tonnerre accompagnent toujours, est sans doute un terrible fléau ; en quelques instants, elle anéantit souvent les plus belles espérances du cultivateur. Bien que se manifestant dans le calme le plus absolu de la nature, la gelée par rayonnement est peut-être plus redoutable encore. Un nuage orageux ne lance des grêlons destructeurs que sur une zone ordinairement assez circonscrite, tandis que les effets désastreux de la radiation nocturne embrassent des régions entières. Des vignobles, des vergers sont subitement frappés pendant la nuit, pendant même un instant de la nuit, non pas par le froid de l'atmosphère, mais parce que le ciel est étoilé et que l'air est stagnant.

Quand on connaît les causes qui déterminent la gelée par radiation nocturne, on est naturellement porté à se demander s'il n'y a pas un moyen de préserver de son action destructive les cultures trop étendues pour être abritées par des écrans. Ce moyen existe ; il consiste à troubler la transparence de l'atmosphère, et les Indiens, de temps immémorial, l'ont appliqué avec le plus grand succès.

Les indigènes du haut Pérou sont plus exposés



qu'aucun autre peuple à voir leurs récoltes détruites par l'effet de la radiation nocturne. Les plateaux qu'ils habitent, élevés de 2000 à 4000 mètres au-dessus de l'océan Pacifique, ont, malgré la proximité de l'équateur, à cause même de leur grande altitude, une température moyenne et à peu près constante de 7 à 14 degrés. Les Incas, ces civilisateurs des Andes, avaient parfaitement déterminé les circonstances où l'on doit redouter que les plantes gèlent pendant la nuit. Ils avaient reconnu, par exemple, que la gelée se manifeste toujours sous un ciel pur et dans une atmosphère tranquille; lorsque la nuit s'annonçait de manière à la faire craindre, c'est-à-dire quand les étoiles brillaient d'un vif éclat et que l'air n'était pas agité, les Indiens mettaient le feu à des tas de paille humide, à du fumier, afin de produire de la fumée pour troubler la transparence de l'air, dont ils redoutaient les effets sur les jeunes plants ou sur les fleurs du maïs, base de leur nourriture.

Cette pratique est décrite par l'*Inca Garcilaso de la Vega*, dans ses *Commentarios reales*, où il traite de l'origine de la race royale du Pérou, de son idolâtrie, de ses lois, de son gouvernement, en paix comme en guerre, de ses conquêtes et de la vie de l'avant-dernier des Incas, *Inticusitituiupanqui*.

Garsilaso, fils d'un des *conquistadores* du Pérou et d'une noble Indienne, était né dans la cité impériale de *Cusco*. Dans son enfance, il avait vu maintes fois les Indiens faire de la fumée pour préserver les plantes de la gelée. Voici le curieux passage des *Commentarios* :

« Dans une solennité, le *cusquieraimi*, on offrait un

sacrifice au soleil, en le suppliant d'ordonner à la gelée de ne pas brûler le maïs. Lorsque, à la nuit tombante, le ciel était découvert, les Indiens, craignant alors la gelée, brûlaient du fumier afin de produire de la fumée, et chacun d'eux en particulier tâchait de faire de la fumée dans son enclos, parce qu'ils disaient que la fumée empêche la gelée en remplissant, comme les nuages, l'office d'une couverture. Ce que je rapporte ici, je l'ai vu pratiquer dans le *Cusco*. Si les Indiens le pratiquent encore aujourd'hui, je n'en sais rien; je n'ai jamais su non plus s'il est vrai que la fumée empêche la gelée, car alors j'étais trop jeune pour chercher à approfondir ce que je voyais faire aux Indiens (1). »

Ce sont ces mêmes Incas qui, dans leurs conquêtes, avançant du Pérou à Quito, propagèrent sur leur passage l'art agricole. Aussi, comme l'observe de Humboldt, la culture de la pomme de terre suit-elle la marche des conquérants pour aller s'établir sur les plateaux de Pasto et de Cundinamarca; et c'est un

---

(1) Garcilaso de la Vega, *Commentarios reales*, t. I, p. 227. Voici le texte :

« La tercera fiesta solene se llamaba cusquieraimi. Haciase quando ya la Sementera estava hecha, y nascido el maiz. Ofrescian al sol muchos corderos, ovejas machorras, y carneros, suplicandole, mandase al yelo no les quemase el maiz....

» Viendo los Indios à prima noche el cielo raso, sin nubes, temiendo el yelo pegaban fuego à los muladares, para que se hiciese humo, y cada uno en particular procuraba hacer humo en su corral; porque decian, que con el humo se escusaba el yelo, porque servia de cubija, como las nubes, para que no elase. Yo vì esto que digo en el Cosco : si lo hacen oi, no lo sè, ni supe si era verdad, ò no, que el humo escusase el yelo, que como muchacho no curaba saver tan por extenso las cosas que veia hacer à los Indios. »

spectacle intéressant, ajoute l'illustre voyageur, que de voir le précieux tubercule descendre ensuite des montagnes situées sous l'équateur, s'avancer vers le pôle et résister plus que les graminées à tous les frimas du Nord (1).

Les heureux effets de la fumée, pour prévenir la congélation nocturne, ont aussi été signalés par Pline :

« La conjonction et la pleine lune, dit le grand naturaliste, ne sont nuisibles, même pendant les nuits, que lorsque le temps est serein et l'air parfaitement calme; car avec des nuages ou du vent, la rosée ne tombe pas. Encore est-il des remèdes contre ces influences.

» Quand vous avez des craintes, brûlez dans les vignes et dans les champs des sarments ou des tas de paille, ou des herbes, ou des broussailles arrachées : la fumée sera un préservatif. . . . .

» La constellation que nous avons nommée Canicule décide du sort des raisins. On dit alors que la vigne charbonne, brûlée par la maladie comme par un charbon. On ne peut comparer à ce fléau ni les grêles ni les orages, ni les accidents qui ne produisent jamais les chertés; ces coups frappent des champs isolés, tandis que le charbon (la gelée par radiation) frappe des pays entiers (2). »

On a vu que, près de la Rochelle, la fumée vient d'être employée avec un avantage décidé pour prévenir les effets de la gelée printanière; j'ai appris du savant directeur du jardin de botanique de Montpel-

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 364; 2e édition.
(2) Pline, traduction de M. Littré; livre XVIII, p. 694 à 697.

lier, M. Martins, qu'on s'en servait encore dans les environs d'Avignon pour garantir les oliviers, et l'on assure que dans plusieurs localités du Wurtemberg et du Palatinat, les vignerons ont recours au même expédient pour protéger leurs cépages contre le refroidissement occasionné par la radiation nocturne.

Il résulte de ce qui précède que le moyen de soustraire les cultures aux effets désastreux d'un abaissement trop rapide de la température, en troublant la diaphanéité d'une atmosphère stagnante, a été pratiqué dans l'ancien comme dans le nouveau monde. Ce moyen n'est en aucune façon une suggestion de la théorie, et c'est à bon droit que l'on doit s'étonner de le voir presque généralement abandonné aujourd'hui, même sur les sommets des Andes.

Sous le règne des Incas, enfumer l'air dans des circonstances prévues, se reproduisant fréquemment, et cela pour assurer les subsistances, était évidemment une mesure de salut public prescrite par un gouvernement paternel sans doute, quoique de forme essentiellement théocratique. Tant que dura l'empire des *fils du soleil*, quelque temps même après sa chute, Garcilaso l'affirme, la prescription fut suivie. Une impulsion acquise depuis un grand nombre de siècles ne s'arrête pas tout à coup; mais, quoique éminemment utile, comme la mesure n'était plus obligatoire, on la négligea, puis on l'abandonna d'autant plus facilement que la race cuivrée des Cordillères est d'une nature trop apathique pour exécuter le moindre travail, alors même qu'il est dans ses intérêts, quand elle n'y est pas contrainte par une autorité puissante devant laquelle elle se prosterne toujours.

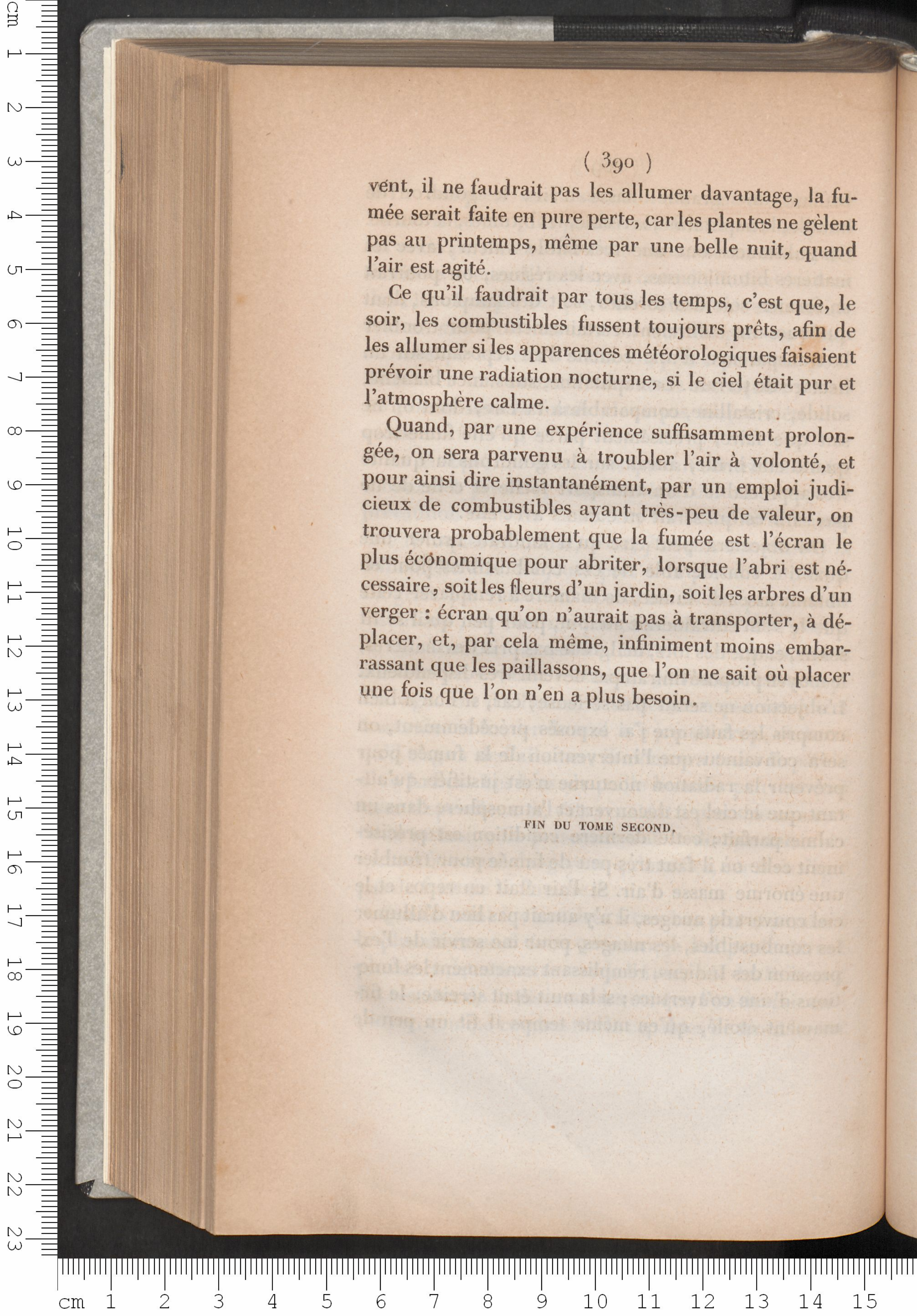
La conquête renversa naturellement le culte des Incas. Il n'était plus permis aux Indiens de conjurer les effets pernicieux du froid nocturne en offrant des sacrifices à leurs divinités; on cessa d'allumer des feux dans les champs, ce que l'on considérait sans doute comme une idolâtrie, tant on était éloigné des admirables expériences de Wells. On pria cependant, pour détourner une calamité sans cesse menaçante; mais les prières sans la fumée n'ont pas toujours été efficaces.

En Europe, une des causes qui ont contribué à faire renoncer à prendre, dans l'intérêt des cultures, une précaution dont les excellents résultats ne sauraient être révoqués en doute, c'est, j'en suis convaincu, la difficulté d'être toujours prêt à la prendre à temps. La gelée par radiation nocturne est un phénomène instantané, et l'on n'a pas constamment à sa portée le combustible nécessaire, surtout un combustible convenable, brûlant lentement en fumant beaucoup. Un vigneron d'ailleurs ne se décidera pas volontiers à sacrifier le fumier dont il n'a jamais trop, et lorsqu'il s'agira de l'allumer, il montrera toute l'apathie d'un Indien. Les feux de paille humide peuvent être assez dispendieux et, s'ils venaient à prendre une certaine intensité, ils présenteraient le double inconvénient d'être aussi dangereux qu'inutiles, car il ne s'agit pas de faire de la flamme.

Quelles sont les matières à très-bas pris répandant le plus de fumée? Cette question, je l'ai posée devant plusieurs de mes confrères de l'Académie des Sciences. Le résultat de la discussion a été que l'on devrait employer, comme combustibles capables de troubler en

brûlant une grande masse d'air, le goudron de houille, la naphtaline, la résine, les bitumes, la tourbe. Ces substances ont une très-faible valeur; avec les matières bitumineuses, avec les résines, on pourrait en former soit des torches, soit des lampions, dont quelques-uns suffiraient certainement pour troubler la transparence d'une couche d'air reposant sur un hectare de terrain. La naphtaline, substance blanche, solide, cristalline, comparable à la cire, dont on ne sait que faire, précisément parce qu'elle fume trop quand elle brûle, aurait sur les goudrons la qualité très-appréciable d'un transport facile et celle de ne pas salir ce qui serait en contact avec elle.

On objectera peut-être qu'il faudrait brûler une quantité considérable de ces combustibles pour en obtenir assez de fumée, de manière à remplacer celle que le vent entraînerait au loin, pour peu qu'il se fît sentir, et que dès lors, malgré le bas prix des matières, le moyen proposé finirait par devenir très-dispendieux. L'objection ne serait pas sérieuse; car, si l'on a bien compris les faits que j'ai exposés précédemment, on sera convaincu que l'intervention de la fumée pour prévenir la radiation nocturne n'est justifiée qu'autant que le ciel est découvert et l'atmosphère dans un calme parfait; cette dernière condition est précisément celle où il faut très-peu de fumée pour troubler une énorme masse d'air. Si l'air était en repos et le ciel couvert de nuages, il n'y aurait pas lieu d'allumer les combustibles, les nuages, pour me servir de l'expression des Indiens, remplissant exactement les fonctions d'une couverture; si la nuit était sereine, le firmament étoilé, qu'en même temps il fît un peu de



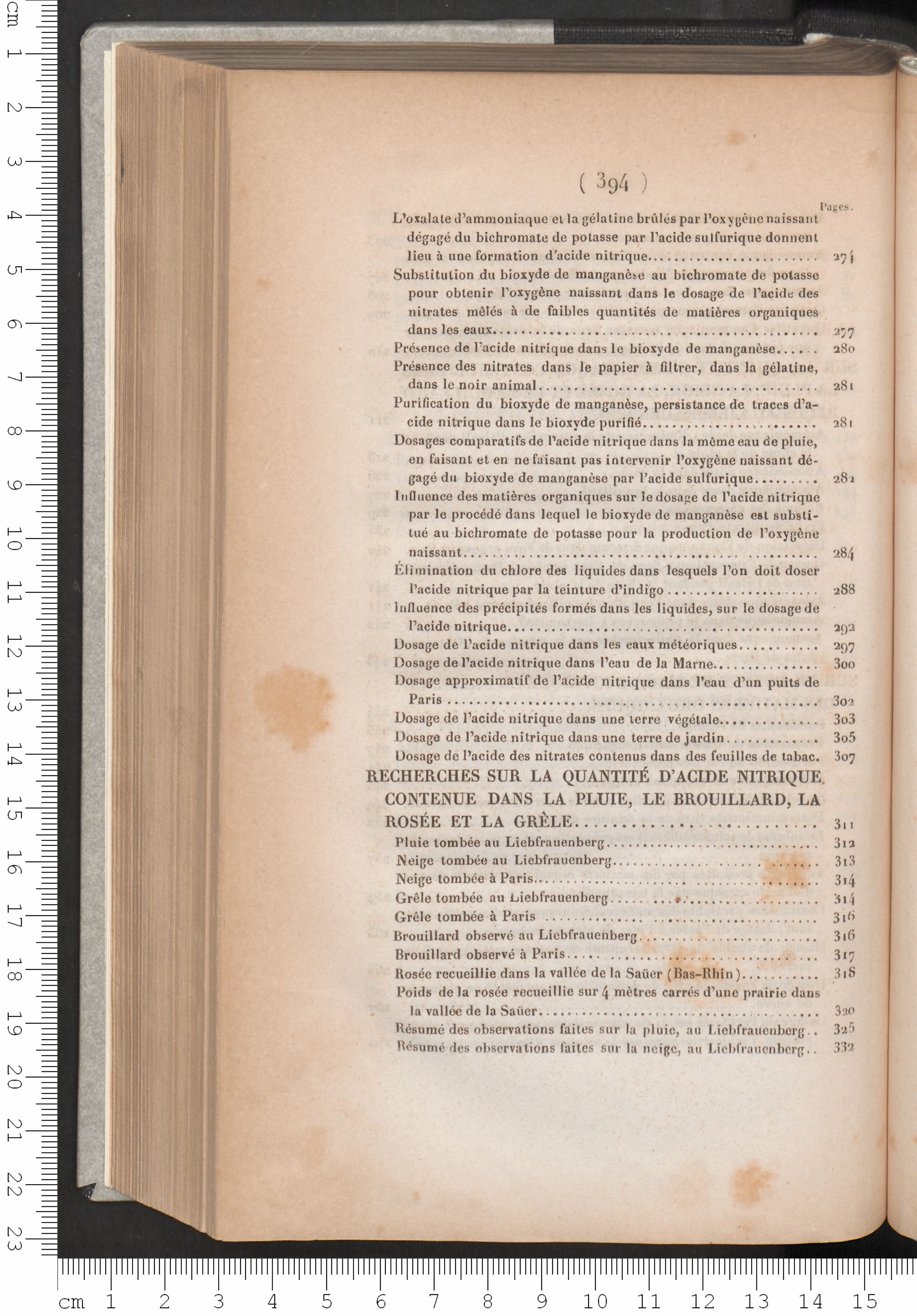
vent, il ne faudrait pas les allumer davantage, la fumée serait faite en pure perte, car les plantes ne gèlent pas au printemps, même par une belle nuit, quand l'air est agité.

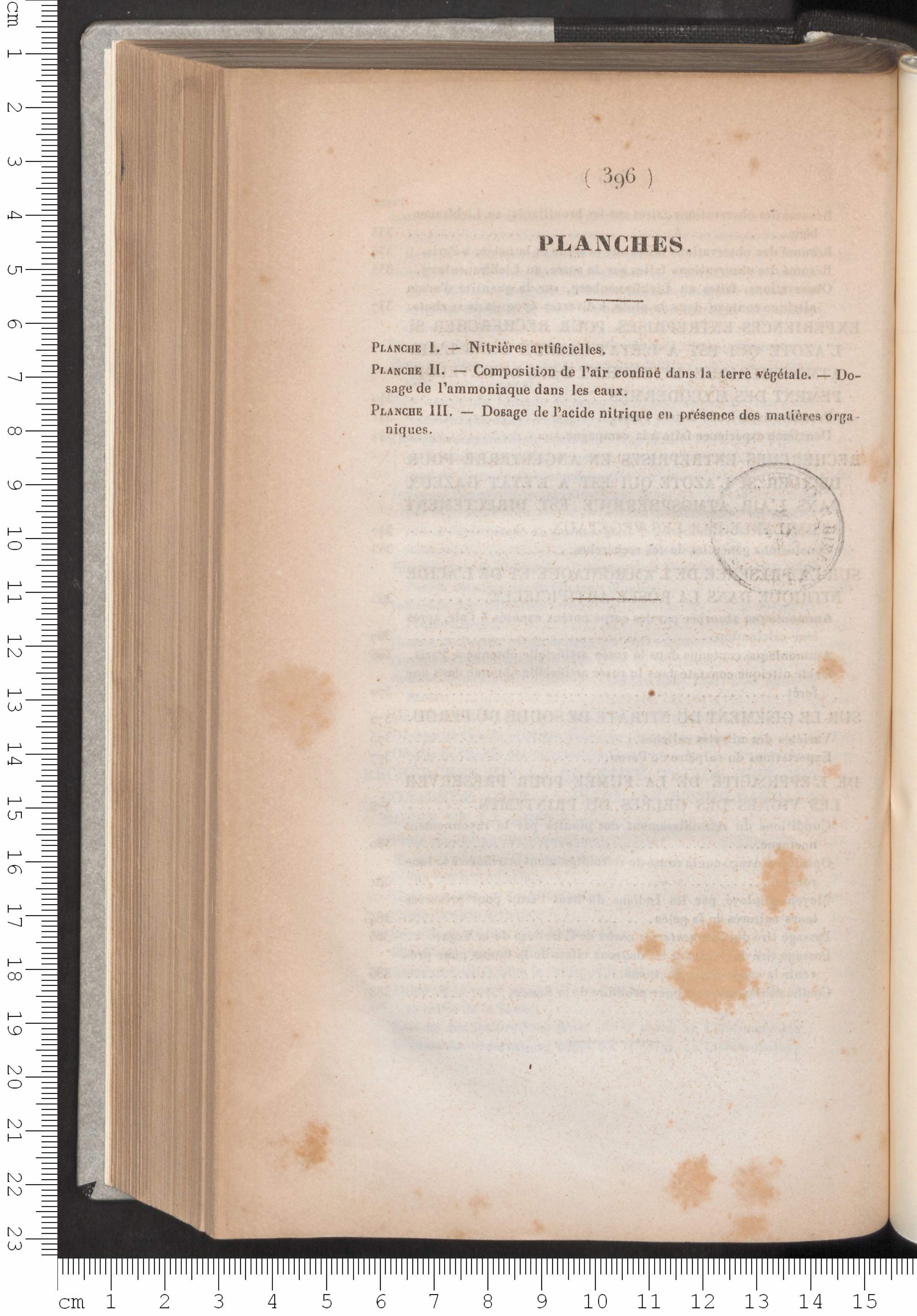
Ce qu'il faudrait par tous les temps, c'est que, le soir, les combustibles fussent toujours prêts, afin de les allumer si les apparences météorologiques faisaient prévoir une radiation nocturne, si le ciel était pur et l'atmosphère calme.

Quand, par une expérience suffisamment prolongée, on sera parvenu à troubler l'air à volonté, et pour ainsi dire instantanément, par un emploi judicieux de combustibles ayant très-peu de valeur, on trouvera probablement que la fumée est l'écran le plus économique pour abriter, lorsque l'abri est nécessaire, soit les fleurs d'un jardin, soit les arbres d'un verger : écran qu'on n'aurait pas à transporter, à déplacer, et, par cela même, infiniment moins embarrassant que les paillassons, que l'on ne sait où placer une fois que l'on n'en a plus besoin.

FIN DU TOME SECOND.

TABLE DES MATIÈRES.





PLANCHES.

Nitières artificielles.

Fig. 1.

Fig. 8.

I
E
K
K
G
D
F

Fig. 3.

m

Fig. 6.

Fig. 5.

Fig. 4.

m
m

Fig. 2.

B
C
D
E

Echelle de 2 toises pour la Fig. 4.

Echelle de 2 pieds pour les Fig. 5 et 7.

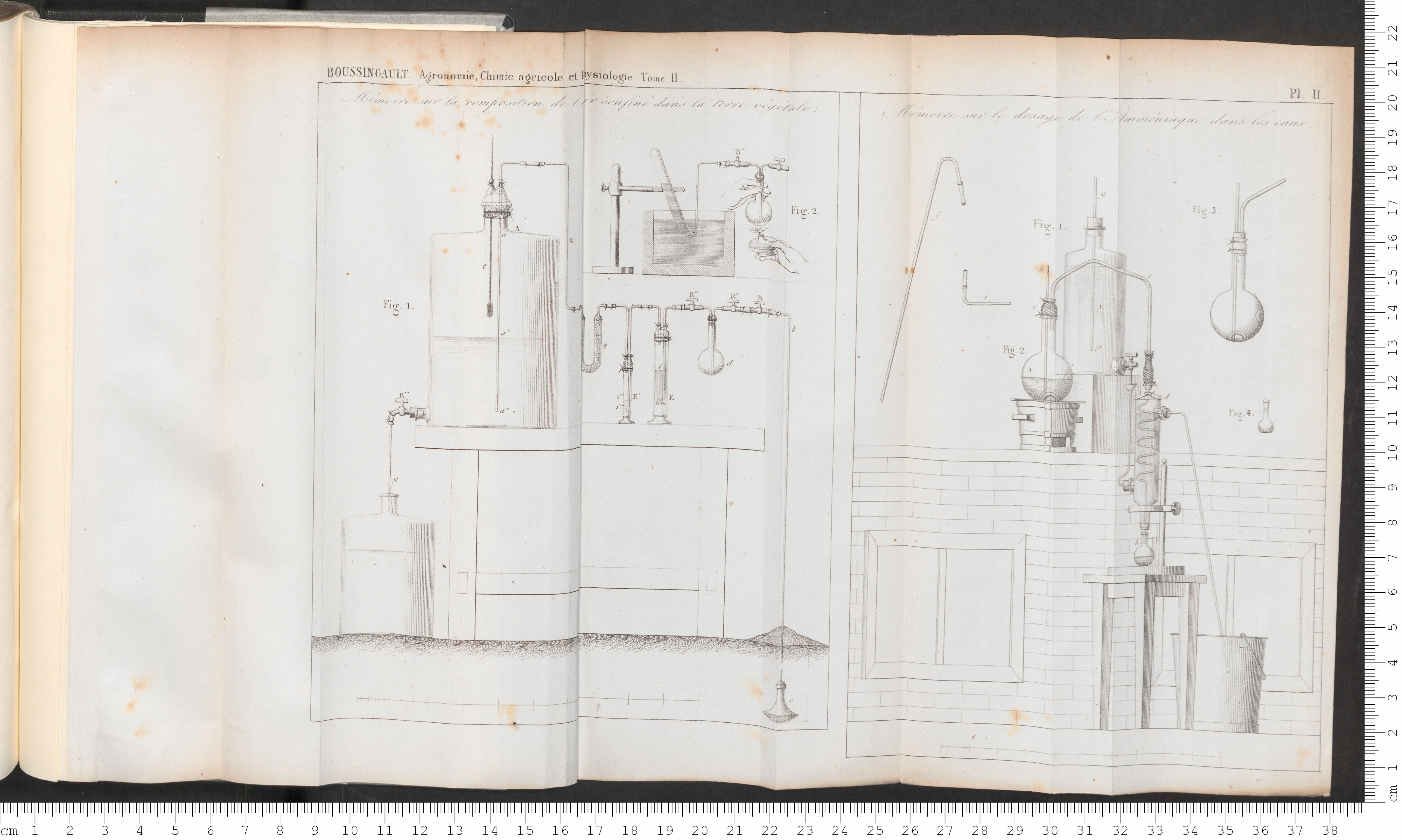
Echelle de 6 toises pour les Fig. 1. 2. 3. 6 et 8.

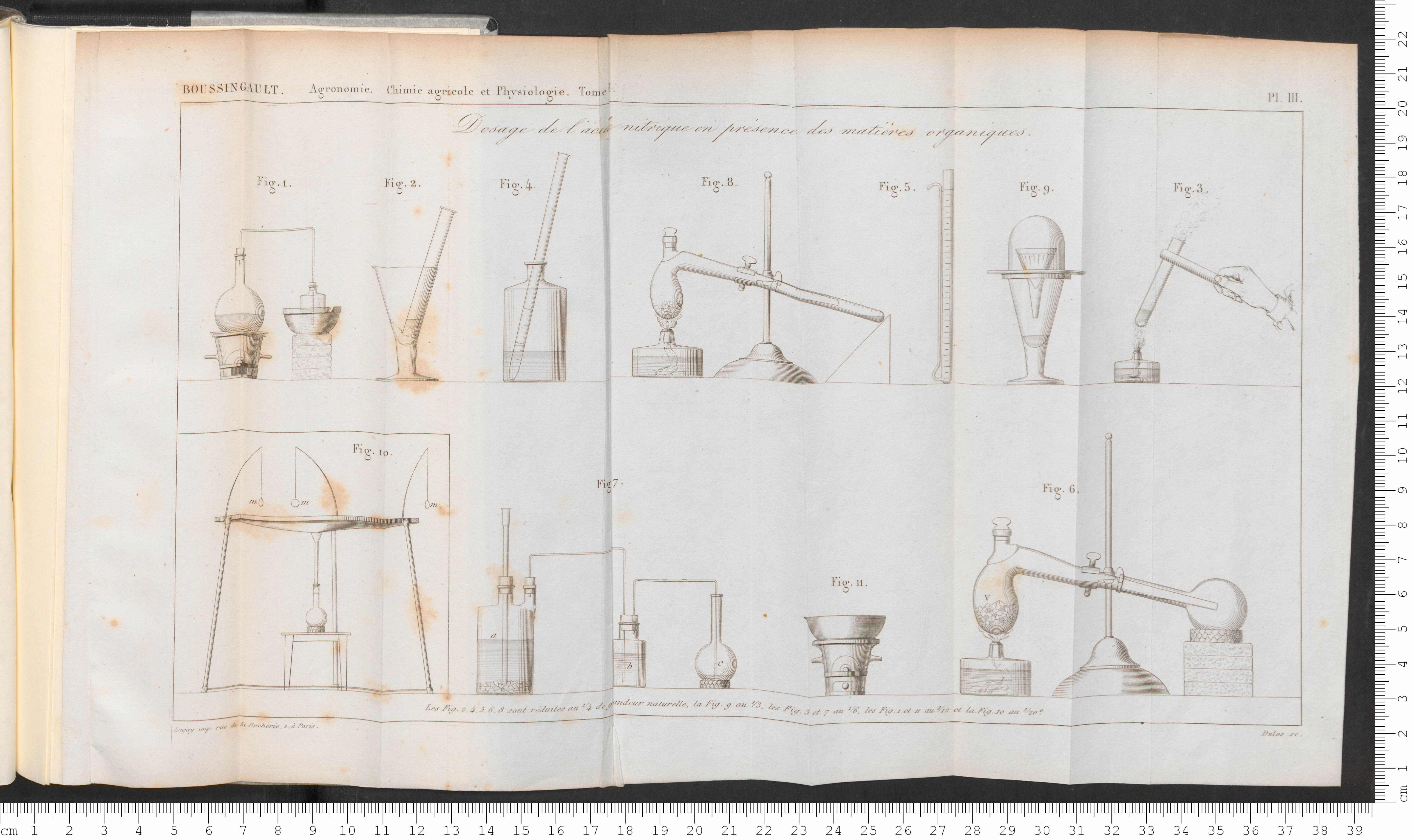
d

Fig. 7.

Legay imp. rue de la Bûcherie, 1. Paris.

Dulos sc.


Mémoire sur la composition de l'Air confiné dans la terre végétale.
Fig. 1.
Fig. 2.
Mémoire sur le dosage de l'Ammoniaque dans les eaux.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.


Dosage de l'acide nitrique en présence des matières organiques.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 8.
Fig. 5.
Fig. 9.
Fig. 3.
Fig. 10.
m
m
m
Fig. 7.
a
b
c
Fig. 11.
Fig. 6.
V
Les Fig. 2. 4. 5. 6. 8 sont réduites au 1/4 de grandeur naturelle, la Fig. 9 au 1/3, les Fig. 3 et 7 au 1/6, les Fig. 1 et 11 au 1/12 et la Fig. 10 au 1/20e.
Legay imp. rue de la Bucherie, 1. à Paris.
Dulos sc.

